

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**VERTAILEVA TUTKIMUS
KUORMITTAVUUDESTA**

TAISTELUVARUSTUKSIEN

FYYSISESTÄ

Pro Gradu

Kadetti
Juha Kokko

Kadettikurssi 91
Tiedustelu/liikuntalinja

Maaliskuu 2008

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kursk Kadettikurssi 91	Linja Tiedustelu/liikuntalinja
Tekijä Kadetti Juha Kokko	
Tutkimuksen nimi VERTAILEVA TUTKIMUS TAISTELUVARUSTUKSIEN FYYSISESTÄ KUORMITTAVUUDESTA. Kaartin Jääkärirykmentissä koulutetaan asutuskeskustaistelijoita pääkaupungin puolustamiseen. Joukko-osasto on kehittänyt kaupunkijääkäriin suorituskyykyä hankkimalla uusia ballistisia suojarusteita ja taisteluvälineitä. Taisteluvälineiden massan kasvaminen on tuonut haasteita kaupunkijääkäriin suorituskyykyllä ja fyysisen toimintakyvyn säilyttämiselle kaupunkitaisteluolosuhteissa. Tutkimuksessa vertailtiin laboratoriossa suoritettujen kokeiden sekä käytännön kenttäkokeiden avulla sotilaan taisteluvälineiden m/91 (noin 16.8 kg) ja kaupunkijääkäriin taisteluvälineiden m/05 (noin 30.3 kg) fyysistä kuormittavuutta ja vaikutusta fyysiseen suorituskyykyyn hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella. Tarkasteltavia muuttujia olivat sydämen syketaajuus, veren laktaattipitoisuus, subjektiivisen kuormituksen tunteminen sekä kenttäkokeeseen käytetty suoritusaika. Tutkimuksessa pyrittiin tarkastelemaan maksimaalisen hapenottokyvyn, kehon antropometristen ominaisuuksien sekä voimaominaisuuksien merkitystä eripainoista taakkaa kantaessa. Laboratoriotestit toteutettiin Hämeen Rykmentin Urheilukoulun testiasemalla ja käytännön kenttäkokeet Santahaminan esteradan alueelle simuloidulla asutuskeskustaisteluradalla. Kenttäkokeessa koehenkilöiden (n = 12) tehtävänä oli suorittaa hyökkäystehtävä lähtöasemasta tavoitteeseen jalan. Ohjeeksi annettiin, että taisteluvalmius ja fyysinen toimintakyky tuli säilyttää koko simuloidun hyökkäystehtävän ajan aina tavoitteeseen saakka. Simuloitu kenttäkoe koostui neljästä vaiheesta ja hyökkäyksen kokonaispituus oli noin 1480 metriä. Kenttäkokeen tulosten mukaan henkilökohtaisen taisteluvälineiden massan kasvaminen 16.8 kg:sta 30.3 kg:n ei aiheuta tilastollisesti merkitseviä eroja sydämen syketaajuudessa tai veren laktaattipitoisuudessa. Subjektiivisen kuormittuneisuuden tuntemuksissa havaittiin kenttäkokeen aikana taisteluvälineiden m/91 ja m/05 välillä tilastollisesti lähes merkitseviä eroja ($p < 0.05$). Koehenkilöt tunsivat elimistössään raskaamman taakan (m/05) aiheuttaman	

fyysisen kuormittavuuden ja tietoisesti hidastivat etenemisnopeuttaan. Tämän vuoksi fysiologisissa vasteissa (syke ja veren laktaattipitoisuus) ei havaittu merkitseviä muutoksia. Raskaamman taakan kanssa suoritettussa kenttäkokeessa subjektiivisen kuormittuneisuuden tuntemus aiheutti fyysisen suorituksen intensiteetin ja hyökkäysnopeuden hidastumisen. Tämän vuoksi suoritusajoissa taisteluvärustusten m/91 vs. m/05 kanssa suoritettussa kenttäkokeessa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja $p < 0.001$.

Koehenkilöiden välisissä vertailuissa maksimaalinen hapenottokyky oli tilastollisesti lähes merkitsevästi parempi $p < 0.05$ m/05 värustuksessa koko kenttäkokeen radan suorittaneilla verrattuna niihin henkilöihin, jotka eivät suorittaneet hyväksytysti koko kenttäkoetta taisteluvärustuksessa m/05. Kenttäkokeen raskaammassa värustuksessa hyväksytysti suorittaneilla koehenkilöillä oli myös laboratoriomittausten tulosten perusteella suuremmat voimaominaisuudet yläraajoissa, keskivartalossa ja alaraajoissa. Voimaominaisuuksien välillä ei havaittu suoritusryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Vahvimmat korrelaatiot kenttäkokeen suoritusajan ja raskaamman taakan (m/05) välillä havaittiin koehenkilöiden jalkalihasten maksimivoimassa ($r = -0.69$, $p < 0.05$), vatsalihaksissa ($r = -0.68$, $p < 0.05$) ja kehon painossa ($r = -0.63$, $p < 0.05$.)

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat näkemystä, jonka mukaan kaupunkijääkärien hyökkäystaistelussa kaupunkiympäristössä korostuvat yksilön maksimaalinen hapenottokyky, keskivartalon vatsalihakset, alaraajojen voimantuotto-ominaisuudet sekä kehon koostumus. Kaupunkijääkäreiksi koulutettavien sotilaiden valinnoissa on kiinnitettävä huomiota yksilön aerobiseen kestävyYTEEN, antropometrisiin ominaisuuksiin sekä voimaominaisuuksiin. Aerobisen kestävyYden laadukas harjoittaminen ja voimaominaisuuksien nousujohteinen kehittäminen ovat tärkeitä osia kaupunkijääkäreiden liikuntakoulutusta.

Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka	
Sotilaspedagogiikka	Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)	
Aika: Maaliskuu 2008	Tekstisivuja 78	Liitesivuja 3
Asutuskeskustaistelu, kaupunkijääkärien taisteluvärustus, fyysinen kuormittavuus, fysiologiset vasteet.		

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. KAUPUNKIJÄÄKÄRIN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	2
2.1 Nykyaikaisen taistelukentän erityispiirteet	2
2.2 Taistelukentän fyysiset vaatimukset	3
2.3 Kuormittumiseen vaikuttavat tekijät	4
2.4 Kaupunkijääkärin henkilökohtainen taisteluvarustus	7
2.5 Hyökkäys rakennetulla alueella	8
3. AUTONOMISEN HERMOSTON TOIMINTA	10
4. FYYNINEN TOIMINTAKYKY JA ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN	11
4.1 Toimintakyky ja fyysinen suorituskky	11
4.2 Lihaksen energia-aineenvaihdunta	14
4.3 Lihäsväsymys	18
4.4 Maksimaalinen hapenottokky	19
4.5 Kestävyyys	21
4.6 Elimistön kuormittuminen	24
4.7 Tutkimuksia kantolaitteiden fyysisestä kuormittavuudesta	26
5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	30
5.1 Tutkimuksen viitekehys ja rajaüs	30
6. TUTKIMUSMENETELMÄT	31
6.1 Koehenkilöt	31
6.2 Tutkimusasetelma	32
6.3 Varustus	34
6.4 Tutkimusmenetelmät	35
6.5 Tilastolliset menetelmät	45
7. TULOKSET	46
7.1 Liikunta- ja terveyskäyttäytyminen	46
7.2 Maksimivoima	47
7.3 Maksimaalinen hapenottokky, syke ja veren laktaatti	48
7.4 Kenttäkokeen tulokset	48

7.4.1 Sydämen syketaajuuden muutokset	48
7.4.2 Veren laktaattipitoisuuden muutokset	51
7.4.3 Subjektiivinen kuormittuneisuuden kokeminen	54
7.4.4 Kantolaitteen vaikutus suoritusaikaan	56
7.5 Palautuminen kenttäkokeen aiheuttamasta fyysisestä rasituksesta	58
7.6 Koehenkilöiden yksilöllinen vertailu	59
7.6.1 Antropometristen ominaisuuksien vertailu	59
7.6.2 Voimaominaisuuksien vertailu	61
8. POHDINTA	67
8.1 Muutokset fysiologisissa vasteissa ja suorituskvyssä	67
8.2 Fyysinen kunto, antropometria ja fyysinen toimintakyky	68
8.3 Tulosten luotettavuus, yleistettävyyys ja merkitys	72
8.4 Johtopäätökset ja käytännön sovellutukset	75
8.5 Lopuksi	78

LÄHTEET

LIITTEET

VERTAILEVA TUTKIMUS TAISTELUVARUSTUKISEN FYYSISESTÄ KUORMITTAVUUDESTA

1. JOHDANTO

Yhteiskunta on muuttunut globaaliksi tietoyhteiskunnaksi, jossa teknologian rooli jatkuvasti kehittyy ja korostuu. Teknologian kehittyminen muuttaa myös sodankäynnin luonnetta. Perinteinen teollinen sodankäynti, jolle on ominaista taistelut maalla, merellä ja ilmassa, on muuttunut johtamis- ja tietosodankäynniksi. Vihollinen pyritään lamauttamaan iskemällä sen kriittisimpiin ja heikoimpiin strategisesti tärkeisiin järjestelmiin. Tämä tarkoittaa sitä, että asutuskeskustaisteluiden todennäköisyys kasvaa. Sodankäynnin ja taistelukentän teknistyessä kasvavat taistelijan suorituskyvyn ja tulivoiman sekä muun varustuksen vaatimukset. Sodankäynnissä pyritään keskittymään määrällisen ylivoiman sijasta laadulliseen ylivoimaan. Joukot ovat kokoonpanoltaan pienempiä, teknologisempia ja niiden tulivoima on koko ajan lisääntynyt aseiden tuhoenergian ja tuhovaikutuksen entistä tarkemman kohdentamisen myötä. (Kosola & Solante 2003, 11-15.)

Teknologian kehittymistä on hyödynnetty myös taistelijan tulivoiman parantamisessa. Lisäksi taistelijan suojaa parannetaan kehittämällä ja valmistamalla uusia suojamateriaaliratkaisuja. Taisteluvälineiden kehityksessä on viime vuosina keskitytty taistelijan kuljettaman massan eli varusteiden painon, asejärjestelmien tehon ja suojan optimointiin. Taistelijan tehokkuuteen taistelukentällä vaikuttaa olennaisesti se, miten taistelussa tarvittavaa aseistusta ja muita varusteita ja välineitä hän kykenee kuljettamaan mukanaan ja käyttämään niitä tehokkaasti. (Sotatekninen arvio ja ennuste 2020, osa 2. 2004, 265-266.)

Taistelukentän muutoksien ja teknologian kehittymisen myötä suorituskykyvaatimukset ovat kasvaneet niin yksittäisen taistelijan osalta kuin hänen käyttämiensä varusteiden osalta. Tämän päivän jalkaväkitaistelijalta vaaditaan monipuolisia taitoja ja ennen kaikkea hyvää fyysistä kuntoa, jotta hän jaksaa kantaa kaikki taistelukentällä tarvittavat välineet. Kaartin Jääkärirykmentissä koulutetaan asutuskeskustaistelijoita pääkaupungin puolustamiseen. Joukko-

osasto on kehittänyt kaupunkijääkärin suorituskykyä hankkimalla uusia ballistisia suojavausteita ja taisteluvälineitä. Muutokset ovat aiheuttaneet sen, että taisteluvälineiden kokonaismassa on kasvanut ja se on tuonut haasteita yksittäisen sotilaan fyysiselle suorituskyvylle ja menestykselle toiminnalla taisteltaessa kaupunkiolosuhteissa. Käytännön tutkimustyötä kaupunkijääkärin henkilökohtaisen taisteluvälineiden m/05 massan aiheuttamasta fyysisestä kuormittavuudesta ja sen vaikutuksesta yksittäisen sotilaan fyysiseen suorituskykyyn ja kestävyyskykyyn ei ole kuitenkaan tehty.

Tutkimuksessa luodaan yleiskäsitys kaupunkijääkärin toiminnasta kaupunkitaistelutilanteissa sekä kartoitetaan välineiden kehittyminen nimenomaan kuorman muuttumisen näkökulmasta ja kuorman vaikutuksesta kaupunkijääkärin fyysiseen suorituskykyyn ja kestävyyskykyyn. Tutkimuksessa vertaillaan kahden eripainoisen taisteluvälineiden aiheuttamaa fysiologista kuormittavuutta ja kuormittavuuden vaikutusta kaupunkijääkärin fyysiseen toimintaan hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella. Tutkimuksen tarkoitus on tutkia kaupunkijääkärin taisteluvälineiden m/05 massan vaikutusta fysiologisiin muuttujiin (syke, veren laktatipitoisuus, subjektiivisen kuormittuneisuuden kokeminen) sekä sotilaan fyysisten ominaisuuksien (voimaominaisuudet, maksimaalinen hapenottokyky) ja kehon koostumuksen merkityksiä kaupunkijääkärin taisteluvälineiden m/05 taakankantamiskykyyn rakennetulla alueella toteutettavassa hyökkäystaistelussa.

2. KAUPUNKIJÄÄKÄRIN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Nykyaikaisen taistelutieteen erityispiirteet

Yhteiskunta on muuttunut globaaliksi tietoyhteiskunnaksi, jossa pääosa yhteiskunnan infrastruktuurin tärkeimmistä toiminnoista on keskittynyt kaupunkeihin. Tietotekniikan merkitys johtamisvälineenä on kasvanut merkittäväksi. Myös sodankäynnissä siirrytään kohti johtamis- ja tietosodankäyntiä. Taistelun voittoon pyritään iskemällä vastustajan kriittisiin, heikoihin ja strategisesti tärkeimpiin järjestelmiin, jotka lamauttamalla saadaan aikaan tappiota vastustajan johtamis- ja tietojärjestelmissä. Joukkojen määrän sijasta pyritään laadulliseen ylivoimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että taistelevat joukot ovat entistä pienempiä ja teknologisempia. Joukon pienuus ei kuitenkaan merkitse sen tulivoiman ja tehokkuuden vähenemistä, sillä aseiden tulivoima ja tehokkuus on koko ajan lisääntynyt aseteknologian kehittymisen myötä. Taisteluissa taajamissa ja kaupunkialueilla pienillä, tulivoimaisilla ja kevyillä joukoilla on etulyöntiasema panssaroituja joukkoja vastaan. (Kosola & Solante 2003, 11-15.)

Yksittäisen sotilaan näkökulmasta katsottuna nykyaikainen taistelukenttä on monitasoinen ja taistelukentän kokonaisuus on vaikeasti hahmotettavissa. Taistelujen kiivas luonne, taistelukentän moniulotteisuus ja asejärjestelmien kehittyminen vaativat taistelijoilta hyvää fyysistä suorituskkyä. Yksittäisten sotilaiden ja koko joukon suorituskky heikkenevät taisteluiden aikana varsin nopeasti. Koska kriisin tai sotatoimien aikana ei ole riittävästi aikaa tai resursseja fyysisen kunnan harjoittamiseen, täytyy yksittäisen sotilaan ja joukon fyysisen suorituskvyn olla riittävän korkealla jo ennen taistelujen eskaloitumista. Taistelukentän kuvan muuttuminen tai sotateknologian kehittyminen eivät vähennä yksittäisen sotilaan fyysisiä vaatimuksia tai taistelukentän rasittavuutta. Sotilailta vaaditaan edelleen hyvää fyysistä suorituskkyä, kykyä toimia pitkiä aikoja ilman lepoa sekä hyvää palautumiskykyä taistelujen jälkeen (Taistelija 2005, 4-5).

2.2 Taistelukentän fyysiset vaatimukset

Sotilaalta vaaditaan taistelukentällä sekä taidollista osaamista että hyvää fyysistä suorituskkyä. Sotilaskoulutuksen yhtenä päämääränä on saavuttaa tietyt fyysiset suorituskvyn vaatimukset. Ko. vaatimukset täyttävä sotilas edesauttaa menestymisessä taistelukentän toimintaympäristössä ja oman tehtävän täyttämisessä. Varusmiesten fyysinen kunto ja suorituskky on saatava sellaiselle tasolle, että he kykenevät reserviin siirtyessään toimimaan joukkonsa mukana ja täyttämään menestyksellisesti puolustushaaran, aselajin ja koulutushaaran mukaiset taistelutehtävät vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukokemuksessa ja käyttämään kaikki voimavaransa yhtämittaisesti 3-4 vuorokautta kestävään vaativaan ratkaisutaisteluun (Pekoul-os:n PAK C 1:3).

Fyysinen koulutus ja fyysinen kunto ovat sotilaskoulutuksen perusta. Hyvä fyysinen suorituskky on sotilaan perusominaisuus, koska taistelut ratkaistaan viime kädessä yksittäisen sotilaan suorituskvyyllä. Pääesikunnan koulutusosasto on asettanut yksittäisen sotilaan fyysiset suorituskkyvaatimukset, riippuen taistelijan toimintaympäristöstä. Erikoisjoukkoihin koulutetun sotilaan hapenottokvyn tulee olla 55- 60 ml/kg/min, joka vastaa 3000 metriä Cooperin testissä. Liikkuvaan hyökkäystaisteluun koulutetun sotilaan hapenottokvyn tason tulee olla 50-55 ml/kg/min, joka vastaa 2800 metriä Cooperin testissä. Taistelua tukevien joukkojen sotilaiden hapenottokvyn taso tulee olla 45-50 ml/kg/min, joka vastaa 2600 metriä Cooperin testissä. (Santtila 2004.) Lisäksi kaikilla sotilailla, aselajista ja tehtävästä riippumatta, tulee olla hyvä koordinaatiokky, hyvä lihastasapaino sekä hyvä lihaskuntoluokka. Sotilaan on kyettävä toimimaan kannettavan eripainoisen lisävarusteen kanssa, noin 20 kg painavan taisteluvärustuksen ja 25-30 kg painavan kenttävarustuksen kanssa sekä mahdollisesti kantamaan

muuta ryhmä -, tehtävä- tai joukkokohtaista kalustoa (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999, 5).

Salmisen (1998, 17) mukaan kokonaisuus vaikuttaa sotilaan fyysiseen suorituskyykyyn taistelukentällä. Sotilaalla on oltava kestävyyttä, voimaa, ketteryyttä, sitkeyttä ja heidän on hallittava kehonsa koordinaatio. Samaan aikaan on osattava taistelukentällä tarvittavat liikunnalliset taidot, esimerkiksi syöksyminen, hyppääminen ja ryömiminen. Kaiken kaikkiaan koulutettavan joukon aselaji ja koulutushaara on otettava huomioon määriteltäessä edellä mainittujen ominaisuuksien taso.

2.3 Kuormittumiseen vaikuttavat tekijät

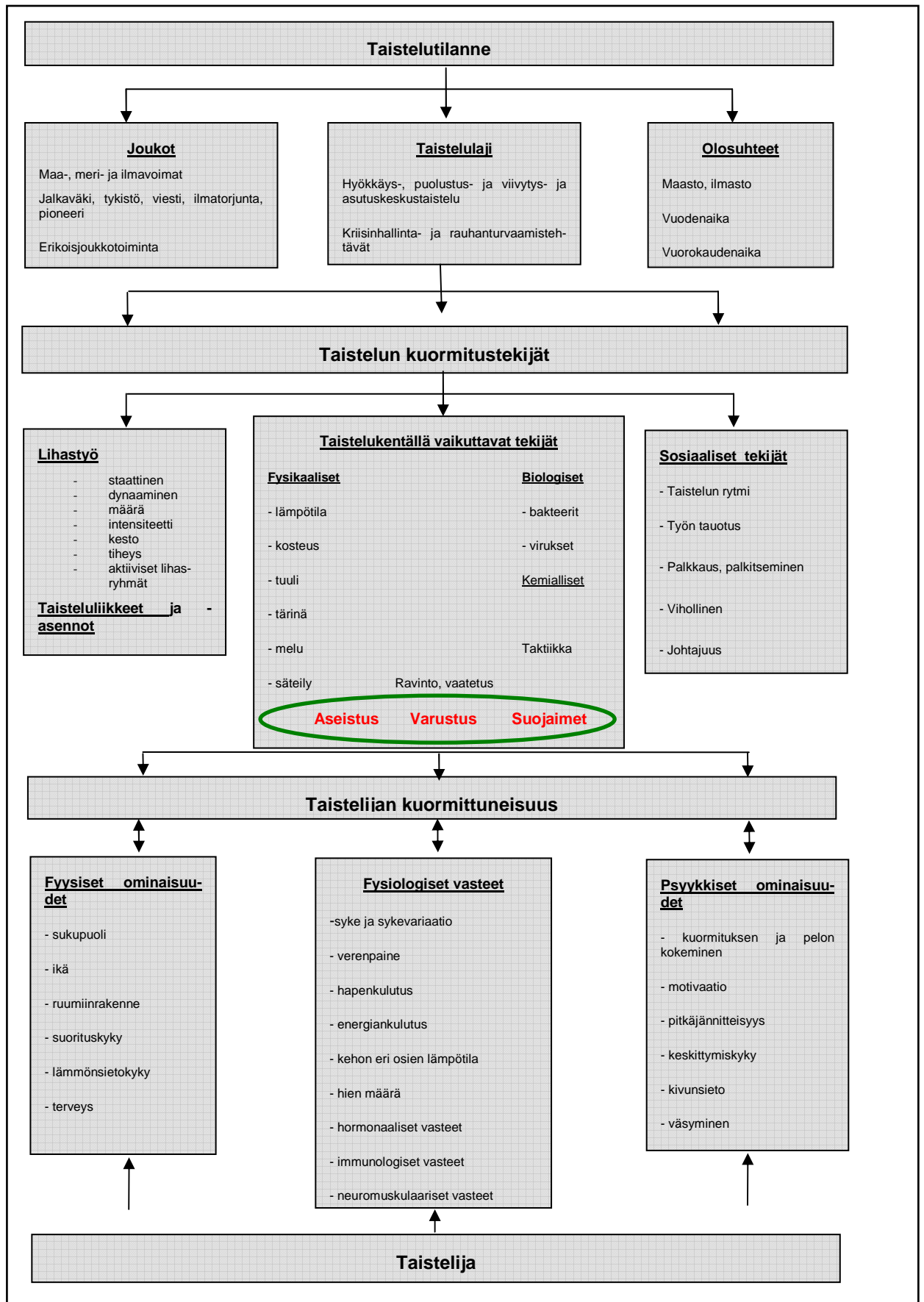
Elimistön kuormittuminen koostuu fyysisestä ja psyykkisestä kuormittumisesta sekä näiden yhteisvaikutuksesta. Fyysiseen kuormittavuuteen kuuluvat yksilön kasvu ja kehittyminen, lepotilan aiheuttama kuormitus, ympäristön aiheuttama kuormitus sekä liikunnan aiheuttama kuormitus. Psyykkistä kuormittumista aiheuttavat mm. pelko, motivaatio, väsymys ja kipu. Yhteisvaikutus määrittää mitä varsinainen kuormitus on. (Kyröläinen 2006.)

Elimistön kuormittuminen on kokonaisvaltaista toimintaa ja kuormittuminen aiheuttaa muutoksia monella tasolla. *Systeemitasolla*, hengitys-, verenkierto-, ja umpielintoiminnassa tapahtuu muutoksia. *Säätelyjärjestelmien tasolla* hermosto, aivot ja iso-aivot, säätelevät elintoimintoja ja hormonit toimivat feedback-järjestelmänä esim. stressin seurauksena sympaattinen hermosto stimuloi lisämunuaisytimen adrenaliinin ja noradrenaliinin eriytymistä tai hormonipitoisuuden nousu verenkierrossa ja sen vaikutukset kohdesolussa estävät hormonieritystä aikaansaavien signaaliaineiden erittymistä, jolloin hormonipitoisuuden kasvu pysähtyy. *Organismien tasolla* kuormittuminen aiheuttaa muutoksia eri elimissä kuten sydämessä, keuhkoissa, maksassa ja munuaisissa. *Molekyyliatasolla* titiini hajoaa kuormituksessa ja lihaksen kimmoisuus heikkenee. *Geenitasolla* vaurioituneessa lihaksessa tapahtuvat muutokset usean vuorokauden jälkeen. (Kyröläinen 2006.)

Fyysinen kuormitus aiheuttaa iso-aivojen motorisen kuorikerroksen aktiivisuuden lisääntymisen, joka saa aikaan elimistössä tapahtumaan erilaisia toimintoja. Niiden tarkoituksena on reagoida kuormituksen aiheuttamaan elimistön tasapainotilan (homeostaasin) järkkymiseen. Lihasten aktiivisuus lisääntyy, hengityskeskus aktivoituu, verenkierron säätelyn avulla saadaan nopeammin ravintoaineet elimistöön ja kuona-aineet ulos, aivolisäke sekä hormonit joko

kiihdyttävät tai hidastavat muiden umpielinten toimintaa, sympatoadreenaalien ja puolustusmekanismien aktiivisuus lisääntyy. (Kyröläinen 2006.)

Sotilaan kuormittavuuteen taistelukentällä vaikuttavat hyvin monet seikat. Kokonaiskuormittavuutta voidaan tarkastella kuvan 1 esittämän kaavion pohjalta. Taistelun yleistilanne (joukon puolustushaara, aselaji, taistelulaji sekä vallitsevat maasto/vuodenaikaolosuhteet) vaikuttavat kokonaiskuormittavuuteen. Taistelussa kuormittavuutta aiheuttavat taistelukentällä vaikuttavat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset tekijät. Joukon käyttämä taistelutaktiikka, taisteluteknikka, aseistus, varusteet, suojavälineet sekä varsinaisen fyysisen toiminnan vaatima lihastyö kuormittavat merkittävästi yksittäistä sotilasta. Sotilaan fyysisen kuormittavuuteen vaikuttavat merkittävästi hänen omat fyysiset ja psyykkiset ominaisuudet sekä fysiologisten vasteiden mukautuminen kuormittavuutta aiheuttaviin muuttujiin.



Kuva 1. Taistelijan kuormittuminen ja taistelun kuormitustekijät. (mukailtu Kyröläinen & Santtila. 2006, 299)

2.4 Kaupunkijääkäriin henkilökohtainen taisteluvärustus

Kaupunkijääkäriin taisteluvärustukseen kuuluu:

- taistelija henkilökohtainen pienkaliperinen asejärjestelmä
- ballistinen suoja antamat värusteet
- käsikranaatti/erikoisheite
- värusteliivi ja reppu
- muut suojavärusteet

Kaupunkijääkäriin henkilökohtaisena aseena on 7,62 rynnäkkökivääri 95. Aseen tulenavausnopeutta, tulen tarkkuutta ja aseiden käytettävyyttä on parannettu erilaisilla lisävärusteilla, kuten taktinen valo ja punapistetähtiin. Lisävärusteet aiheuttavat aseiden kokonaispainon kasvun. (Väisänen 2005, 74-76.)

Ballistisen suojan muodostavat komposiittikypärä sekä sirpalesuojaliivi tai luotisuojaliivi. Joukon tehtävä ja vastassa oleva vihollinen määrittelevät sen minkä tasoisen liivin taistelija tarvitsee. Sirpalesuojaliiviin voidaan lisätä keraaminen levy, jolloin se antaa suojan yleisimpiä rynnäkkökiväärien luoteja vastaan. Asutuskeskuksissa taisteleville joukoille on myös tarjolla luotisuojaliivit. Luotisuojaliivien ballistista suojaa voidaan lisätä käyttämällä liivien kanssa keraamista lisälevyä, jolloin liivi pysäyttää kaikkien rynnäkkökiväärien luodit, jopa 30-06 kaliiperin panssarinläpäisy luodit. (Väisänen 2005, 78.)

Lisääntynyt erikoisvärustus ja taistelutekninen toiminta rakennetulla alueella ja rakennusten sisällä ovat olleet perustana uuden värusteliivin kehittämiselle. Kehittämisen pohjana on ollut käyttäjän mahdollisuus omien tarpeidensa ja halujensa mukaan kiinnittää runkona olevaan liiviin erilaisia taskuja taistelutilanteiden ja tehtävien muuttuessa. Suurin haaste yksittäisen sotilaan osalta tulee olemaan liiallinen painon lisääntyminen. Kaupunkijääkäriin taisteluvärustus m/05, yhdessä luotiliivin kanssa, nostavat kaupunkijääkäriin kannettavan kuorman yli kahteenkymmeneen kiloon. Värusteiden kehittämisen ja hankinnan johtajatuksena on ollut, että suoriutuakseen taistelusta taisteluvärustuksen kokonaispaino ei saa ylittää 25-30 % kantajan painosta. (Väisänen 2005, 78.)

Sotilaan henkilökohtainen taisteluvärustus m/91 (Kuva 2) painaa yhteensä noin 16.8 kg. Kaupunkijääkäriin henkilökohtainen taisteluvärustus m/05 (Kuva 3) painaa yhteensä noin 30.3 kg. Lisäpainoa kaupunkijääkäriin henkilökohtaiseen taisteluvärustukseen tuovat luotisuojaliivi

keraamisine lisälevyineen (noin 11 kg), rynnäkkökivääriin kiinnitettävät taktinen valo ja punapistetähtäin ml. suojakotelot (noin 1 kg) sekä patruunoiden lisäys, polvisuojat, viiltosuojakäsineet, palosuojahuppu ja suojalasit (yhteensä noin 1.4 kg). (Kaartin Jääkärirykmentti 2005.)



Kuva 2. Sotilaan taisteluvälineet m/91



Kuva 3. Kaupunkijääkärin taisteluvälineet m/05

2.5 Hyökkäys rakennetulla alueella

Kaartin Jääkärirykmentti tuottaa sodan ajan joukkoja pääkaupungin puolustamiseen. Pääosa koulutettavista saa asutuskeskustaistelijan peruskoulutuksen. Koulutustapahtumat ja harjoitukset pyritään toteuttamaan joukkojen koko toiminta-alueelta eri puolilla pääkaupunkia. Koulutustehtävät liittyvät strategisen iskun ennaltaehkäisyyn ja torjuntaan. Pääkaupungissa sijaitsee myös yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen tuottamiseen liittyen merkittäviä virastoja ja laitoksia, joiden toimintaedellytysten turvaaminen kriisin ja sodan aikana kuuluu kaupunkijääkärirykmenttien vastuulle (Jalkaväen vuosikirja 2005, 192).

Puolustustaistelun päämääränä on torjua vihollisen hyökkäykset ja estää sen pääsy ylemmän johtoportaalle toiminnan kannalta tärkeille alueille. Puolustustaistelu asutuskeskuksessa on suunniteltava liikkuvammaksi kuin taistelu metsämaastossa. Taistelevilla joukoilla tulee olla valmius toimia kaikkiin suuntiin. Puolustustaisteluun liittyen keskeiseen asemaan nousee mureiden ja esteiden rakentaminen. Niiden avulla estetään, rajoitetaan ja hidastetaan vihollisen liike ja eteneminen meille strategisesti tärkeille alueille. Linnoittaminen kuuluu olennaisesti puolustusvalmisteluihin. Ensimmäisessä on pyrittävä lujittamaan valmiita rakenteita. (Asutuskeskustaistelun opas 2004, 35-49.) Nenosen (2005) näkemyksen mukaan asutuskes-

kustaistelussa korostuvat lähitaistelutilanteet, joissa kohtaamiset kestävät vain muutamia sekunteja. Sotilaan tulee kyetä tekemään nopeita ratkaisuja ja päätöksiä. Erikoisvälineet ja niiden oikea ja tehokas käyttö saattavat antaa etua vastustajaan nähden (Jalkaväen vuosikirja 2003, 183).

Hyökkäyksen päämääränä on määräalueella olevan vihollisen lyöminen tai tuhoaminen, oman joukon tai ylemmän johtoportaan toiminnan kannalta tärkeän alueen valtaaminen tai vihollisen yhteyksien katkaiseminen. Hyökkäys voi myös olla asutuskeskuksen puolustustehtävään liittyen vastahyökkäys tai asutuskeskuksen ulkopuolelta suunnattu hyökkäys asutuskeskukseen. Hyökkäys voi olla nopea vastahyökkäys, valmistelu hyökkäys tai soluttautumishyökkäys. Nopeassa vastahyökkäyksessä operaatiot muuttuvat pienten erillisten osastojen ja ryhmien lähitaisteluksi. Näissä taisteluissa korostuu mm. jalkaväen tulivoima ja taistelutahto. Vastahyökkäyksen tärkein menestystekijä on nopea vaikuttaminen viholliseen, jotta aloite saadaan temmattua puolustajalle ja vihollinen ei saa organisoitua uudelleen hyökkäystään. (Asutuskeskustaistelun opas 2004, 61-62.)

Taistelut asutuskeskuksissa käydään pääosin jalkaisin, jolloin sotilaan on itse kannettava mukanaan tarvittavat taisteluvälineet. Rakennusten sortumiset ja niiden aiheuttamat kapeat kulkuväylät ja esteet vaikeuttavat ja hidastavat sotilaan etenemistä jalan. Tilanteesta riippuen sotilaan on kyettävä kiipeämään apuvälineiden avulla, hyppäämään alas rakennuksen katolta tai rakennuksen katolta toisen rakennuksen katolle, ryömimään ahtaissa tiloissa ja etenemään kapeissa ja ahtaissa tunneleissa. (Asutuskeskustaisteluopas I 1986, 15-16.) Asutuskeskuksissa jalkaisin taistelevilla joukoilla tai asutuskeskuksiin hyökkäävillä iskuosastoilla on oltava normaalia enemmän ampumatarvikkeita, käsikranaatteja, kertasinkoja, räjähdysaineita aukkojen tekemiseen ja esteiden murtamiseen, savutusmateriaalia sekä muuta erikoismateriaalia kuten tikkaita ja iskukoukuilla varustettuja köysiä rakennuksiin tunkeutumiseen. (Pataljoona 2005:n taktinen ohje 2003, 69.)

Tunkeuduttaessa rakennukseen on mahdollista käyttää erilaisia tekniikoita. Useimmissa tapauksissa on mahdollista käyttää hyväksi erilaisia apuvälineitä kuten sarjatikkaita, vaijeritikkaita, köydellä laskeutumista ja kiipeämistä. Rakennuksen alimmista kerroksista sisään mentäessä voidaan tekniikkoina käyttää henkilöiden nostamista, ylösvetämistä tai apuvälineiden hyödyntämistä. Taistelijan on kyettävä koko ajan säilyttämään taisteluvalmiutensa ja kyky käyttää asettaan sisäänmenotekniikasta riippumatta. (Yhdysvaltalainen asutuskeskustaistelun ohjesääntö. FM 90- 10-1 1993, 5-16.)

Kaupunkijääkäriin toiminnan luonteeseen hyökkäyksessä rakennetulla alueella vaikuttavat suurimaksi osaksi kokonaissuorituksen kesto, suoritusten nopeus, tempo, suoritusten väliset tauot, suoritusten vaatima fyysinen voima, koordinatiivinen taito, taistelijoiden tekemä yhteistyö, suoritukselle ominainen keskittymiskyky ja ulkoisten vaikuttavien tekijöiden luonne. Yksittäisen sotilaan toiminta hyökkäyksessä koostuu monesta toiminnasta ja toimenpiteestä, joita ovat mm. tehtävän valmistelu, siirtyminen kohteen läheisyyteen, hyökkäys varsinaiseen kohteeseen, taistelutoiminta kohteessa ja valmistautuminen uuteen tehtävään. Hyökkäystehtävään ja varsinaiseen fyysiseen toimintaan kuluva aikaa on hyvin vaikea arvioida, koska hyökkäystehtävä koostuu niin monesta tekijästä ja kaikkien toiminta vaikuttaa hyökkäyksen menestykselliseen toteuttamiseen. Taistelukentän vaatimukset korostavat yksittäisen sotilaan fyysisen suorituskyvyn merkitystä. Kaupunkijääkäriin toimintaympäristön moniulotteisuus lisää kaupunkiolosuhteissa taistelevan fyysisten ominaisuuksien moniulotteisuutta. Taistelut rakennusten ulkopuolella, rakennetulla alueella, rakennusten sisätiloissa, rakennusten katolla sekä taistelut maanalaisissa tunneleissa tuovat omat haasteensa sotilaan toiminnalle. Kaupunkijääkäriin toiminnan luonteeseen asutuskeskustaistelussa kuuluvat intervallityyppiset, kovalla intensiteetillä, lyhyillä palautuksilla ja raskaan kannettavan taakan kanssa suoritettavat taistelutoiminnot. Kantaminen, vetäminen, työntäminen, nostaminen, kiipeäminen, ryöminen, juokseminen, hyppääminen, konttaaminen ovat hyvin tyypillisiä fyysisiä suoritteita, joita kaupunkijääkäri joutuu tekemään taistellessaan rakennetulla alueella.

3. AUTONOMISEN HERMOSTON TOIMINTA

Anatomisesti hermosto jakautuu *keskushermostoon*, johon kuuluvat aivot ja selkäydin sekä *ääreishermostoon*, johon kuuluvat aivohermot, selkäydinhermot ja autonomisen hermoston perifeeriset osat. *Toiminnallisesti* hermosto jakautuu *autonomiseen* ja *somaattiseen* osaan. Autonomisen hermoston toiminta aiheuttaa sileän lihaksiston ja sydänlihaksen tahdosta riippumattomiin liikkeisiin sekä erilaisten rauhasen erityksiin. Autonominen ja somaattinen hermosto vaikuttavat keskeisesti toistensa toimintaan. (Niensted ym. 2004, 517-518; McArdle ym. 2007, 392-402.) Autonominen hermosto koordinoi elimistön sisäelinten toimintoja ja säätelee toiminnot tilanteen mukaan parhaalle tasolle. Hermoston toiminta vaikuttaa jokaisen elimen toimintaan joko kiihdyttämällä tai hidastamalla sitä. Hermosto koostuu hermosoluista, jotka sijaitsevat selkärangan molemmilla puolilla. Autonominen hermosto saa hermotuksen joko aivoista tai selkäytimestä. Hermoston toiminta ja sen aiheuttamat muutokset ovat tahdosta riippumattomia. Toisaalta elimistön toiminta on osin aivokuoren tietoista toimintaa. (Hyvärinen ym. 1976, 193-195; Anttila & Länsimies 1994, 314.)

Autonominen hermosto jakautuu sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Autonominen hermoston toimintaan ei voida vaikuttaa suoraan tahdon avulla. Sen toimintaa ohjaavat hypothalamus ja ydinjatkos, jotka säätelevät mm. hengitystä, sydämen ja verisuonten toimintaa. Eri elimiin tulee sekä sympaattisia että parasympaattisia hermosyitä. Elimet saavat usein vastakkaisia toimintakäskyjä, jolloin käskyjen suhteellinen voimakkuus ratkaisee, miten elin käyttäytyy. (Hyvärinen ym 1976, 195-196; Niensted ym.2004, 538-540.) Yleensä sympaattinen hermosto kiihdyttää elimistön toimintoja esim. suurentaa sydämen syketaajuutta, vilkastuttaa verenkiertoa ja suurentaa sydämen iskutilavuutta. Myös ihon ja sisäelinten verisuonet supistuvat, jolloin verenpaine nousee. Parasympaattisen hermoston vaikutus on päinvastainen. Se hidastaa sydämen sykintätaajuutta sekä vaikuttaa virtsarakon tyhjenemiseen. (Niensted ym.2004, 541-544.) Ruoansulatuskanavan toiminnassa parasympaattisen hermoston toiminnalla on erityinen merkitys. Parasympaattisen hermoston kraniaalinen osa kiihdyttää ruoansulatusta lisäämällä syljen eritystä, stimuloimalla ruoansulatuskanavan rauhasen eritystä sekä kiihdyttämällä suoliston liikkeitä. On kuitenkin muistettava, että suoliston ja virtsarakon tyhjentäminen vaatii yleensä myös motoristen hermojen hermottamien tahdonalaisten lihasten toimintaa. (Hyvärinen ym 1976, 207.) Keskushermoston eri osat etenkin limbisen järjestelmä, hypothalamus ja aivorungon retikulaariset tumakkeet ovat keskeisessä asemassa autonomisen hermoston toiminnan säätämisessä (Hyvärinen ym 1976, 196).

Kun keskushermoston säätelemä ja lähettämä ärsyke tulee sähköisenä hermoimpulssina lihaksen motoriseen yksikköön, supistuvat kaikki samaan motoriseen yksikköön kuuluvat solut yhtä aikaa. Yhden hermoärsytyksen aiheuttama supistus ei kestä kauan. Lihaksen tasainen, jatkuva supistuminen selittyy siten, että eri motoriset yksiköt supistuvat eri aikoina, vuorotellen. Lihaksen kiinnittynyt luihin jänteiden välityksellä. Supistuessaan lihas vetää kiinnityskohdista lähemmäs toisiaan ja tällä tavoin syntyy liike. (Karvonen 1969, 109-110.)

4. FYYSINEN TOIMINTAKYKY JA ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN

4.1 Toimintakyky ja fyysinen suorituskky

Toimintakyvyn käsite voidaan määritellä riippuen lähestymistavasta. Laajassa mielessä toimintakyvyllä on tarkoitettu selviytymistä jokapäiväisistä tehtävistä ja suppeimmassa merkityksessä selviytymistä fyysisestä rasituskokeesta. Toimintakyvyn käsite voidaan rajata fyysiseen, psyykkiseen ja sosiaaliseen toimintakykyyn, jotka ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa.

(<http://herkules.oulu.fi/isbn9514254414/html/x224.html>.)

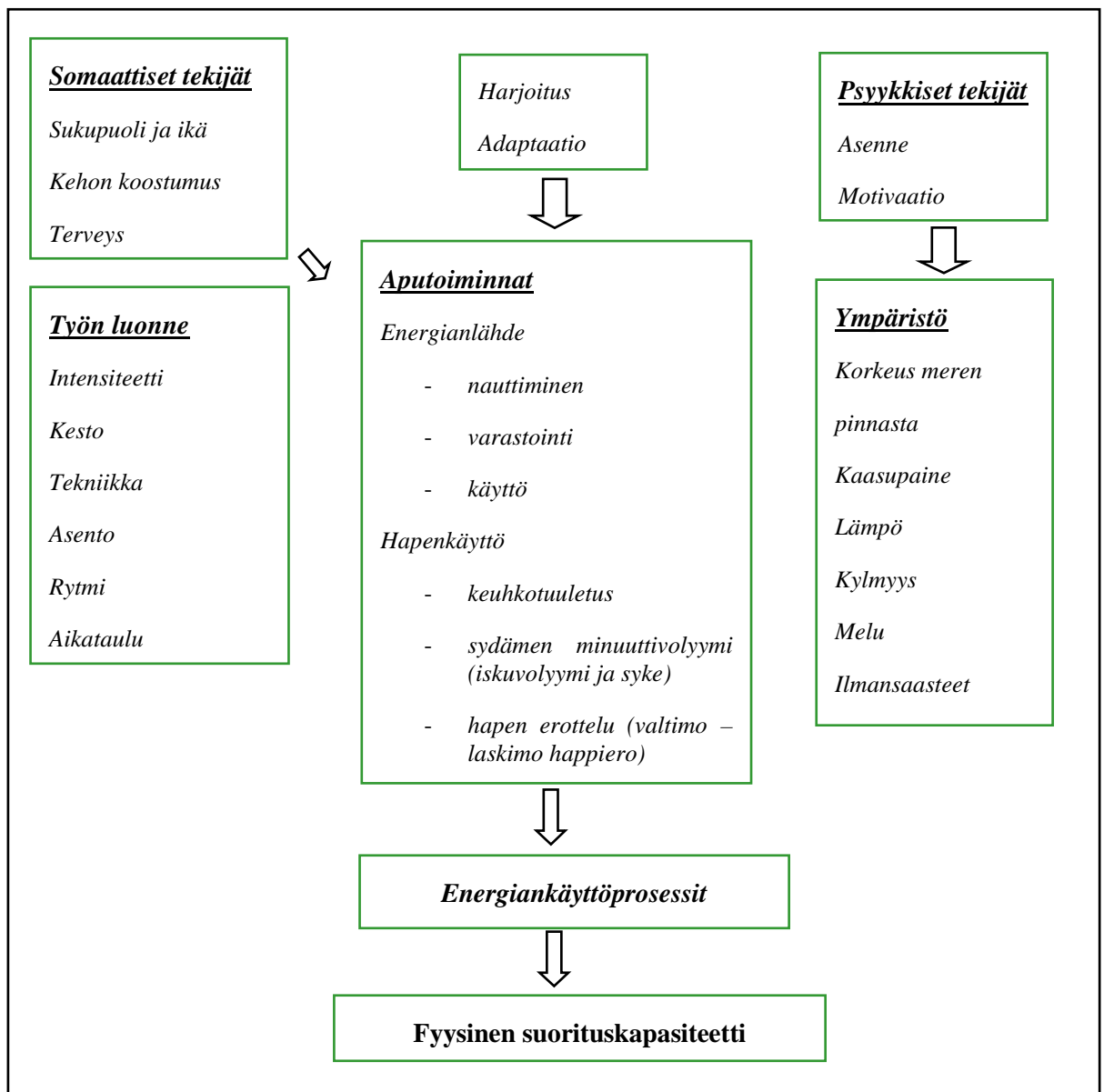
Toiskallion (1998, 9) mukaan toimintakyky tarkoittaa pikemminkin valmiutta kuin suoritusta. Yleisenä käsitteenä toimintakyky on järjestelmä, joka koostuu eettisestä, fyysisestä, psyykkisestä ja sosiaalisesta alueesta. Fyysinen toimintakyky koostuu yksilön fyysisistä kyvyistä toimintojen suorittamiseksi. Alavillamon (1999, 96) mukaan toimintakyvyn peruskäsitteet voidaan jakaa laatutekijöihin ja fyysiseen, psyykkiseen eettis-moraaliseen sekä sosiaaliseen toimintakykyyn. Laatutekijöillä tarkoitetaan yksittäisen sotilaan tai sotilasjoukon toimintakyvyn laatua taistelukentällä mitattavia käsitteitä. Sota- ja taistelukelpoisuus voidaan ymmärtää toisiaan tukevinä käsitteinä, joissa korostuvat taito, varustus, psyky ja kunto.

Liikuntatieteellisessä lähestymistavassa toimintakyky lähestyy suorituskyyä, joka koostuu useasta eri tekijästä. Suorituskyyyn pohjana ovat kehon rakenteelliset tekijät, jotka mahdollistavat varsinaisen fyysisen toiminnan. Varsinainen kehon toiminta ja tehtävien suorittaminen vaativat tekniikka ja taktiikkaa. Toimintakyvyn henkinen pohja rakentuu psyykkisistä, älyllisistä ja moraalisisista tekijöistä. Ilman hyvää fyysistä toimintakykyä annettujen tehtävien täyttäminen ja tehtävätaktiikan toteuttaminen voi olla mahdotonta. Kehon rakenteellisten tekijöiden, fyysisten tekijöiden, henkisen pohjan ja tekniikan tulee olla tasapainossa keskenään, jotta toiminta- tai suorituskyy olisi mahdollisimman hyvä. (Kyröläinen 1998.)

Yksilön terveydellä on vaikutus toimintakykyyn. Terveydelle tyypillinen ominaisuus on kyy kestää elimistön sisäisiä ja ulkoisia kuormituksia. Käytännössä tämä merkitsee esimerkiksi vahvoja ja toimintoja edistäviä rakenteita, elintoimintojen riittävää kapasiteettia, niiden hyvää yhteistä toimintaa ja yhteensopivuutta sekä fysiologista, psyykkistä ja sosiaalista kyyä yksilön sisäisen ja yksilöiden välisen tasapainon säilyttämiseen sisäisten ja ulkoisen kuormituste-kijöiden vaikuttaessa. (Vuori 1999, 17.)

Åstrandin & Rodahlin (1986) mukaan fyysiseen suorituskyyyn vaikuttavat monet sekä sisäiset että ulkoiset tekijät (Kuva 4.) Fyysisen suorituskyykapasiteetin lähtökohtana ovat mm. yksilön somaattiset tekijät, harjoittelu ja elimistön mukautuminen harjoitusvaikutuksiin sekä yksilön psyykkiset tekijät. Somaattisilla tekijöillä tarkoitetaan mm. sukupuolta, ikää, kehon koostumusta ja terveyttä yleensä. Harjoittelulla tarkoitetaan yksilön fyysisten harjoitteiden aiheuttamia vaikutuksia elimistön eri ominaisuuksiin (nopeus, voima, kestävyys, nopeuskestävyys, notkeus, taito ja tekniikka). Adaptaatiolla tarkoitetaan sitä, miten elimistö on reagoi-nut ja mukautunut harjoitusvaikutuksiin (positiivinen/negatiivinen harjoitusvaikutus). Yksilön psyykkiset tekijät kuten asenna ja motivaatio ovat aina vaikuttamassa yksilön toimintaan ja sitä kautta suorituskyykapasiteettiin. Myös toimintaympäristöllä on vaikutus yksilön fyysisen suorituskyyyn kapasiteettiin. Somaattiset tekijät sekä harjoittelu ja sen vaikutuksiin mu-

kautuminen vaikuttavat erityisesti sekä elimistön energia-aineenvaihduntaan että hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Näillä aputoiminnoilla on merkittävä vaikutus siihen miten elimistö kykenee ottamaan vastaan energialähteitä, miten tehokkaasti ne varastoituvat elimistöön ja kuinka tehokkaasti ja nopeasti niitä voidaan käyttää energiantuottoon. Työn luonteella on vaikutus mm. siihen mitä energialähteitä elimistö käyttää sekä tuotetaanko energiaa aerobisesti vai anaerobisesti.



Kuva 4. Fyysiseen suorituskapasiteettiin liittyvät tekijät. (mukailtu Åstrand & Rodahl 1986.)

4.2 Lihaksen energia-aineenvaihdunta

Lyhytkestoinen ja kovatempoinen fyysinen suoritus, kuten sadan metrin juoksussa, lihakset saavat energiansa välittömistä energianlähteistä. Lähes kaikki energia saadaan lihaksiin varastoituneista korkeaenergisistä fosfaattiyhdisteistä, adenosiinitrifosfaatista (ATP) ja kreatiinifosfaatista (KP.) (McArdle ym. 2007, 166.) Energiatarpeen jatkuva tyydyttäminen edellyttää ATP:n muodostumista kulutusta vastaavaksi. Yksi tapa tuottaa ATP:ta on aerobinen aineenvaihduntaprosessi. ATP:n tuotto tapahtuu hapen avulla solun mitokondrioissa ja lopputuotokseksi syntyy kemiallinen yhdistelmä. (Jackson ym. 2004, 18.) Energiaa tuotetaan myös kreatiinifosfaatin avulla ilman happea nopeasti, mutta vapautuva energiamäärä jää pieneksi (Vuori 1994, 244-245). ATP- ja KP varastot riittävät yhdessä noin 10 sekunnin tehokkaaseen fyysiseen suoritukseen, jolloin suorituksen aikana lihakseen ei juuri ehdi kertyä maitohappoa (Rauramaa & Rankinen 1999, 31).

Mikäli suoritus jatkuu pidempään ja suorituksen teho on kova, korkea-energisistä fosfaatteja täytyy muodostaa jatkuvasti lisää. Muodostuminen tapahtuu anaerobisen glykolyysin avulla, pääasiassa lihakseen varastoituneesta glykokeenista. (McArdle ym. 2007, 166.) Energiantuotto on hitaampaa, kuin kreatiinifosfaatista tuottamalla, mutta energiaa vapautuu enemmän. Energiantuotto tapahtuu anaerobisessa glykolyysissä ilman happea ja reaktiossa syntyy aina maitohappoa, joka diffusoituu lihaksesta vereen. Vereen diffusoitunut maitohappo puskuroituu natriumkarbonaatin vaikutuksesta laktaatiksi. Koska anaerobinen glykolyysi on osittain käynnissä koko ajan, veren laktaattipitoisuus ei ole levossakaan nolla. (McArdle ym. 2007, 150; Vuori 1994, 244-246.)

Kuormituksen tasoa, jossa veren laktaattipitoisuus kasvaa nousujohteisen kuormituksen aikana ensimmäisen kerran yli perustason, kutsutaan aerobiseksi kynnykseksi. Aerobisen kynnyksen alueella syke on keskimäärin 40 lyöntiä alle maksimisykkeen mutta, yksilöllisten vaihtelujen vuoksi tätä lukuarvoa ei voida käyttää yleispätevänä arvona aerobisen kynnyksen määrittämiseksi. Aerobinen kynnyks on yleensä 50–70 % maksimisykkeestä. (Nummela ym. 2004, 360.) Kuormituksen kasvaessa anaerobisen glykolyysin osuus energiantuotosta kasvaa ja samalla maitohappoa muodostuu enemmän. Harjoittelemattomilla henkilöillä veren laktaattipitoisuus alkaa kasvaa eksponentiaalisesti, kun raskastaso ylittää 55 % maksimaalisesta hapenottokyvystä. Harjoittelun avulla voidaan siirtää laktaatin nopeaa muodostumista siten, että laktaatin kasvu nousee jyrkästi vasta siinä vaiheessa kun on saavutettu 75 % taso maksimaalisesta hapenottokyvystä. (McArdle ym. 2007, 166-167.) Tällaista kuormitustasoa kutsutaan anaerobiseksi kynnykseksi. Anaerobisen kynnyksen alueella sydämen syketaaso on keskimää-

rin 20 lyöntiä alle maksimin, tosin yksilöllisiä vaihteluja ilmenee. Henkilön kuntotasosta riippuen anaerobinen kynnyks on noin 65–90 % maksimisykkeestä. (Nummela ym. 2004, 360.)

Lyhytkestoisen, alle 10 sekuntia, intervallikuormituksen voidaan sanoa olevan alaktinen, sillä kreatiinifosfaatit ovat ensisijainen energianlähde. Kreatiinifosfaatin uudelleenmuodostus on hyvin nopeaa ja tällöin laktaatin tuotto suorituksen aikana sekä sen poistuminen palautuksen aikana säätelee intervallikuormituksen alaktista luonnetta. Mikäli intervallikuormituksen kesto ylittää 15 sekuntia ja suorituksen intensiteetti pidetään korkealla, tulee fyysisestä suorituksesta laktinen. Energiantuotto tapahtuu ensisijaisesti glykolyysin avulla ja samalla muodostuu runsaasti maitohappoa. (Nummela 2004, 110.) Lähes kaikki kuormituksen aikana syntynyt maitohappo hajoaa lihassolussa heti syntymisensä jälkeen laktaatti- ja vetyioniksi (Mero 2006, 34). Vetyionit pienentävät lihaksen Ph arvoa, joka taas aiheuttaa lihaksen happamoitumisen. Tällöin glykolyysin avainentsyymien aktiivisuus vähenee ja lihaksen energiantuotokyky heikkenee. Lihaksen happamoituminen häiritsee myös hermoimpulssin leviämistä sekä kalsiumionien jakautumista lihassoluissa ja näin estää lihaksen supistumista. Maitohappo poistuu lihaksesta joko muuttumalla takaisin palorypälehapoksi, jolloin se tuottaa edelleen energiaa sitruunahappokierrossa tai se muuttuu glukoosiksi maksassa tai lihaksissa. Syntynyt glukoosi joko kuluu energiana tai varastoituu glycogeeniksi. (Rauramaa & Rankinen 1999, 31.) Intervallisuorituksen pidentyessä aerobisen energiantuoton osuus kasvaa. Mikäli intervalityyppisen suorituksen kesto kasvaa ja intensiivisyys on korkea, lihaksiin ja verenkiertoon alkaa kertyä laktaattia sekä happamuutta haitallisia määriä ja väsyminen nopeutuu. (Nummela 2004, 110.)

Aerobisessa energiantuotossa energiaa tuotetaan elimistölle hapen avulla ja energiantuotto on edullista, koska tällöin saadaan 18 kertaa enemmän ATP:a yhtä glukoosimolekyyliä kohti anaerobiseen energiantuottoon verrattuna ja vältetään haitallisen maitohapon muodostumiselta (Nummela 2004, 99). Toisaalta aerobisessakin kestävyysuorituksessa muodostuu lihaksessa koko ajan maitohappoa, joka poistuu osittain jo lihaksen sisällä. Kohtalaisesti elimistöä kuormittavassa työssä, suorituksen alkuvaiheessa energiantuotto tapahtuu anaerobisesti, kunnes aerobinen energiantuotto adaptoituu työn vaatimalle tasolle. Muodostunut maitohappo diffusoituu laktaattina vereen, jolloin veren laktaattipitoisuus kohoaa lievästi. Se alkaa nousta selvemmin vasta, kun suorituksen työteho nousee yli 50 – 80 %:n maksimaalisesta aerobisesta työtehosta. Mikäli suorituksen työteho lisääntyy, kasvaa lihasten ja veren maitohapon ja laktaatin tuotto suoraviivaisesti. Raskaassa työssä maitohapon tuotto ja veren laktaattipitoisuus kasvavat. (Rusko 1989, 18-21.)

Suorituksen intensiteetillä on merkittävä vaikutus veren laktaattipitoisuuden kasvuun. Mikäli työ on hyvin raskasta ja energiaa tuotetaan runsaasti anaerobisesti, kasvaa veren laktaattipitoisuus hyvin suureksi. Intervallityyppinen kuormitus, jossa suoritusten kesto on noin 30 sekuntia, kohottaa huomattavasti veren laktaatti- ja lihaksen maitohappopitoisuutta. (Rusko 1989, 18-21.) Veren laktaattipitoisuuksien mittauksia käytetään arvioitaessa kuormituksen tasoa. Näyte otetaan yleensä noin 2 minuuttia kuormituksen päättymisen jälkeen, jolloin laskimoveren laktaattipitoisuus on varsinkin lyhyehköjen kuormitusten jälkeen korkeimmillaan. (Vuori 1994, 406.)

Paikallisessa dynaamisessa työssä lihaksen verenkierto vaihtelee kahden ääriarvon välillä. Maksimitasoon vaikuttaa lihassupistusten välinen suoniston avautumisaste ja minimiarvoon vaikuttaa verisuoniston ahtautuminen lihassupistusten aikana. Dynaamisessa työssä lihasten läpi virtaavan veren happikylläisyys laskee huomattavasti. Laskimoveri sisältää levossa 14 tilavuusprosenttia happea, mutta lihaksen toimiessa tilavuusprosentti laskee 7:ään. Lihasten hapentarvetta säädellään muuttamalla läpivirtaavan veren määrää eikä veren happipitoisuutta. Mikäli supistusvoima tai supistustaajuus on liian suuri, rajoittuu lihaksen läpi virtaavan veren määrä enemmän ja tämän seurauksena lihaksen laskimoveren happikylläisyystila vähenee. (Mond & Pottier 1988.)

Terveellä ihmisellä, joka ei ole harjoittanut fyysistä harjoittelua, laktaatti alkaa kasaantua vereen erittäin nopeasti siinä vaiheessa kun yksilö on saavuttanut noin 55 % tason maksimaalisesta hapenottokyvystä. Harjoittelun avulla voidaan siirtää laktaatin muodostumista siten, että kasvu nousee jyrkästi vasta siinä vaiheessa kun on saavutettu 75 % taso maksimaalisesta hapenottokyvystä. (McArdle ym. 2007, 167.) Maitohapon poistumisnopeuteen elimistöstä vaikuttavat suorituksen kuormitusteho, maitohapon lähtötaso, työskentelevän lihasmassan määrä ja lihaksen solukoostumus (Rusko 1989, 18-21). Elimistön hyvä kyky poistaa laktaattia on keskeinen kestävyysuoritukseen vaikuttava tekijä ja sen merkitys korostuu intervallityyppisissä suorituksissa, joissa liikkuminen ja lähdöt seuraavat toisiaan lyhyillä palautuksilla (Mero 2006, 32).

Åstrand ym. (1963) tutkivat laktaatin muodostumista eripituisen fyysisen suorituksen yhteydessä. Tutkimuksessa mitattiin hiihtäjien veren laktaattipitoisuutta hiihtosuorituksen jälkeen. 10 kilometrin hiihtoaikaan käytettiin aikaa keskimäärin 35-39 minuuttia ja koehenkilöiden veren laktaattipitoisuus oli keskimäärin 12.5 mmol/l. Hiihtomatkaan, jonka pituus oli 30 kilometriä, käytettiin aikaa keskimäärin 110-116 minuuttia ja laktaattipitoisuus oli keskimäärin 6.1 mmol/l. 50 kilometrin hiihtomatkaan käytettiin aikaa keskimäärin 186-198 minuuttia ja

veren laktaattipitoisuus oli keskimäärin 3.5 mmol/l. Tutkimuksen mukaan suorituksen intensiteetin ja suurten lihasryhmien maksimaalisen aktivoinnin nähtiin olevan yhteydessä veren laktaattipitoisuuden kasvuun. Karlsson ja Saltin (1970) tutkivat välittömien energialähteiden (ATP ja KP) sekä laktaattipitoisuuksien muutoksia ja niiden vaikutusta uupumiseen. Tutkimuksen mukaan suorituksen kestolla ja suoritusintensiteetillä on vaikutusta laktaatin muodostumiseen ja välittömien energialähteiden riittävyyteen. Tutkimuksessa koehenkilöt ($n = 3$) polkivat 2, 6 ja 16 minuutin mittaisen maksimaalisen polkupyörätestin. Maksimaalisessa suorituksessa havaittiin jo kahden minuutin jälkeen muutoksia ATP:n ja KP:n lukuarvoissa. Suorituksen keston pidentyessä ja intensiteetin ollessa korkea veren ja lihaksen laktaattipitoisuuksissa havaittiin myös muutoksia. Kahden minuutin testissä laktaattikeskiarvo oli 12.0 mmol/l ja kuuden minuutin ja 12 minuutin testissä laktaattikeskiarvo oli 16.1 mmol/l. Tutkimuksen mukaan matala ATP:n ja KP:n taso ei ollut syynä lihasväsymykseen. Laktaatin kasvu saattaa kuitenkin olla väsymystä aiheuttava tekijä, nimenomaan kuuden minuutin ja kahdentoista minuutin kestoissa suorituksissa. Kuvassa 5. on esitetty työtehon ja kuormittavuuden vaikutuksia elimistön toimintoihin.

	Lepo	Aerobinen kynnys	Anaerobinen kynnys	Maks. hapenotto
Työteho				
% maks. VO ₂	0	40 – 70	65 – 90	100
Aineenvaihdunnan vallitsevuus	Aerobinen	→	Anaerobinen	
Pääasiallinen substraatti	Rasva > HH	→	HH > Rasva	
Syke	40 – 80	120 – 160	150 – 190	180 - 210
Veren maitohappo (mmol/l)	0.5 – 1.5	1 – 2	1.5 – 4	10 -
Maitohapon tuotto	Pieni	Kasvaa	Suuri	
Maitohapon poisto	Pieni	Kasvaa	Ei kasva	

Kuva 5. Työtehon ja kuormituksen vaikutus elimistön toimintoihin (mukailtu Rusko 1989, 151; Mero 2006.)

4.3 Lihäsväsymys

Ihmisen lihaksen liikkeitä ja lihasten toimintaa ohjaavat aivorungon ja selkäytimen alfa-motoneuronit. Motoneuroni jakautuu lihaksessa useisiin päätehaaroihin, joista kukin kytkeytyy hermo-lihasliitosten välityksellä yhteen lihassoluun. Alfa-motoneuroni ja sen hermottamat lihassyöt toimivat yhdessä ja muodostavat motorisen yksikön. (Niensted ym. 2004, 544-545.) Motoriseksi yksiköksi kutsutaan yhden motorisen hermosolun sekä sen lihassoluja hermottavien päätehaarojen muodostamaa toiminnallisesti pienintä hermo-lihasjärjestelmän osaa. Motoristen yksiköiden määrä vaihtelee eri lihaksissa. Normaalisti motorisen yksikön kaikki hermottamat lihassolut osallistuvat voimantuottoon yhtäaikaaisesti. (Enoka 2002, 278-286; McArdle ym. 1996, 350.) Wilmore & Costill (2004, 44-46) mukaan motoriset yksiköt voidaan jakaa kolmeen ryhmään: I (hidas supistumisnopeus, alhainen voimantuotto, vastustaa väsymystä), tyyppi IIa (nopea supistumisnopeus, keskisuuri voimantuotto, vastustaa väsymystä) ja tyyppi IIb (nopea supistumisnopeus, suuri voimantuotto, väsy nopeasti). Tahdonalaisessa lihassupistuksessa motorinen yksikkö toimii syklisesti tuottaen voimaa nopeasti toisiaan seuraavilla supistuksilla. Lihaksen tuotetun voiman suuruutta voidaan säädellä keskushermoston välityksellä. Tämä tapahtuu joko rekrytoimalla käyttöön uusia motorisia yksiköitä tai kasvattamalla jo käytössä olevien yksiköiden syttymistiheyttä. (Enoka 2002, 278-286.)

Elimistön kuormittumisen ja fyysisen rasituksen yhteydessä lihaksen voimantuoton heikkenemiseen ja lihäsväsymykseen on esitetty useita näkemyksiä. Bigland-Richie & Woods (1984) jakavat hermolihäsjärjestelmään vaikuttavat väsymistekijät keskushermoston väsymiseen (häiriöt hermoimpulssin siirtymisessä keskushermostosta lihakseen) sekä yksittäisten lihassolujen väsymykseen. Gibsonin & Edwardsin (1985) mukaan mahdollisia lihaksen väsymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat keskushermoston toiminnalliset häiriöt (vaikuttavat hermoimpulssin etenemisnopeuteen ja sitä kautta motoristen yksiköiden rekrytointiin ja syttymistiheyteen), selkäydintasolla tapahtuvat toiminnalliset häiriöt (saattaa olla yhteyksiä refleksitoiminnan heikkenemiseen), lihasolukalvon toiminnalliset häiriöt (vaikuttaa lihaksen aktiopotentialin etenemisnopeuteen), yksittäisten lihasolujen väsyminen (hapon ja energian puute) sekä aktiini- ja myosiinifilamenttien välille syntyvien poikittaissiltojen lukumäärä.

Rusko (1989, 67) määrittelee väsymyksen aiheuttajien olevan peräisin itse lihaskudoksesta (perifeerinen väsymys) tai keskushermoston tai elimistön säätelymekanismien toiminnan muutoksista (sentraalinen väsymys). Aerobisessa ja anaerobisessa kestävyysuorituksessa välittömien energialähteiden, lähinnä kreatiinifosfaatin, väheneminen on yhteydessä väsymiseen.

Pitkäkestoisessa submaksimaalisessa kuormituksessa glykokeenin loppuminen on myös yhteydessä väsymiseen. Maitohapon diffusoituessa vereen syntyy mm. vetyioneja, jotka pyrkivät hidastamaan glykolyysiä ja itse lihaksen supistusmekanismin toimintaa. Korkea vetyionipitoisuus estää rasvahappojen vapautumista verenkiertoon ja rasvojen käyttö energialähteenä estyy. Lihasten supistustoiminnan kannalta kalsium-ionien vapautuminen on tärkeää. Kalsium tarvitsee riittävästi energiaa, jotta se voi vapautua lihakseen. Mikäli urheilusuorituksen aikana energiaa ei ole riittävästi käytössä, kalsiumia ei vapaudu riittävästi, eikä sitä ole käytössä lihassupistuksen aikaansaamiseksi. Tällöin kalsium-ionit kasautuvat myös mitokondrioihin ja seurauksena on sekä lihaksen supistusmekanismien että lihaksen energiantuottomekanismien häiriintyminen. Kuormituksesta riippuen väsymyksen syyt voivat vaihdella, mutta seurauksena on aina lihaksen voimantuoton heikkeneminen. (Rusko 1989, 67-69; Morgan & Allen 1999.)

Morgan & Allen (1999) esittävät seuraavia syitä voiman ja tehon tuoton heikentymiseen: Muutokset keskushermoston, hermolihaskliitosten ja motorisen hermosolun toiminnoissa, lihasoluvaurioiden johdosta lihassolun heikentynyt kyky vastata ärsykkeisiin, heikentynyt kalsiumin vapautuminen sekä muutokset supistuvan komponenttien herkkyydessä. Suurimmaksi syyksi kovan eksentristä lihastyötä sisältävän voimantuoton heikkenemiseen Morgan ja Allen esittävät ylivenyneet ja vaurioituneet sarkomeerit. Paavolainen (1999) tutkinut hermo-lihasjärjestelmän toimintakapasiteetin merkitystä kestävyysuorituskykyä selittävänä tekijänä. Tutkimustulokset osoittivat, että hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuudet (esim. voimantuottoajat, lihasaktiivisuus agonisti-antagonistitoiminnassa, elastisen energian hyväksikäyttö) ovat tärkeitä kestävyysuorituskykyä selittäviä tekijöitä. Myös sympaattisen hermoston aktivoitumisella ja sen toiminnalla on tärkeä merkitys veren säätelyssä lihakseen nimenomaan silloin, kun fyysisen suorituksen intensiteetti kasvaa ja suorituksessa käytetään kehon suuria lihaksia. (Saltin ym. 1998.)

4.4 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalinen aerobinen kapasiteetti (VO_{2max}) mittaa yksilön aerobisen energiantuotto-koneiston maksimitehoa (Oja 1995, 55). Aerobisen kestävyysarviointi voidaan suorittaa mittaamalla elimistön maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) joko suoralla maksimitestillä tai epäsuorasti arviointimenetelmillä (Nummela ym. 2004, 358). Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) määritellään korkeimmaksi arvoksi, jonka elimistö voi ottaa happea ja käyttää sitä hyväkseen maksimaalisessa fyysisessä rasituksessa. Sydämen sekä hengitys- ja verenki-

toelimistön toiminta ohjaavat ja rajoittavat maksimaalista hapenottokykyä ja hapen siirtymistä fyysistä suoritusta tekeviin lihaksiin. (Basset & Howley 1999.)

Aerobisen kestävyys testit, joilla on tarkoitus mitata koehenkilön maksimaalista hapenottokykyä ja kestävyys suorituskkyä, ovat useimmin käytettyjä testejä fyysisten ominaisuuksien testauksessa sekä tutkimuksessa. Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat hengitys- ja verenkiertoelimistön ja lihassolujen kyky kuljettaa happea lihasoluihin sekä lihasten kyky käyttää happea energiantuottoon. (Nummela 2004, 51-52.)

Kun fyysisen suorituksen kesto on muutamasta minuutista puoleen tuntiin, pidetään yleisesti maksimaalista hapenkulutusta fyysisen suorituskvyn parhaana yksittäisenä mittarina. Fyysisen suorituksen keston pidentyessä fyysiseen kapasiteettiin vaikuttavat myös monet muut tekijät, kuten lihasten energiavarastojen riittävyys eli glykogeenipitoisuus. Sydämen, verenkierto- ja hengityselimistöjärjestelmien kunto ja toiminta ovat maksimaalisen hapenoton kannalta ratkaisevia, kun suuret lihasryhmät ovat työskentelemässä. (Fyysisen harjoittamisen perusteet 1999.)

VO_{2max} toimii hyvänä referenssinä, kun arvioidaan henkilön kapasiteettia aerobiseen ATP:ta tuottavaan synteisiin. Maksimaalinen hapenottokyky on merkittävä tekijä, kun arvioidaan henkilön kapasiteettia pitää yllä korkeatempoista fyysistä suoritusta yli 5 minuuttia kestävässä suorituksessa. Korkean maksimaalisen hapenottokvyn saavuttaminen fyysisessä suorituksessa on tärkeä vaikutus energia-aineenvaihdunnan ylläpitämisessä. (McArdle 2007, 170-171.)

Maksimaalinen hapenottokyky on yksi merkittävä osa kestävyys suorituskvyyssä. Yksilön fyysiset luontaiset ominaisuudet kuten, hiussuonten tiheys, entsyymit, mitokondrioiden koko sekä lihastyypin määrä ja koko vaikuttavat oleellisesti yksilön kapasiteettiin ylläpitää korkeaa aerobista kestävyyttä. Korkean maksimaalisen hapenottokvyn saavuttaminen vaatii sydän- ja verenkiertoelimistön, keuhkojen ilmanvaihdon, hermoston, ääreisverenkierron ja aerobisen aineenvaihdunnan tehokasta toimintaa ja yhteistyötä. (McArdle 2007, 170; Rusko 1989, 151-159.)

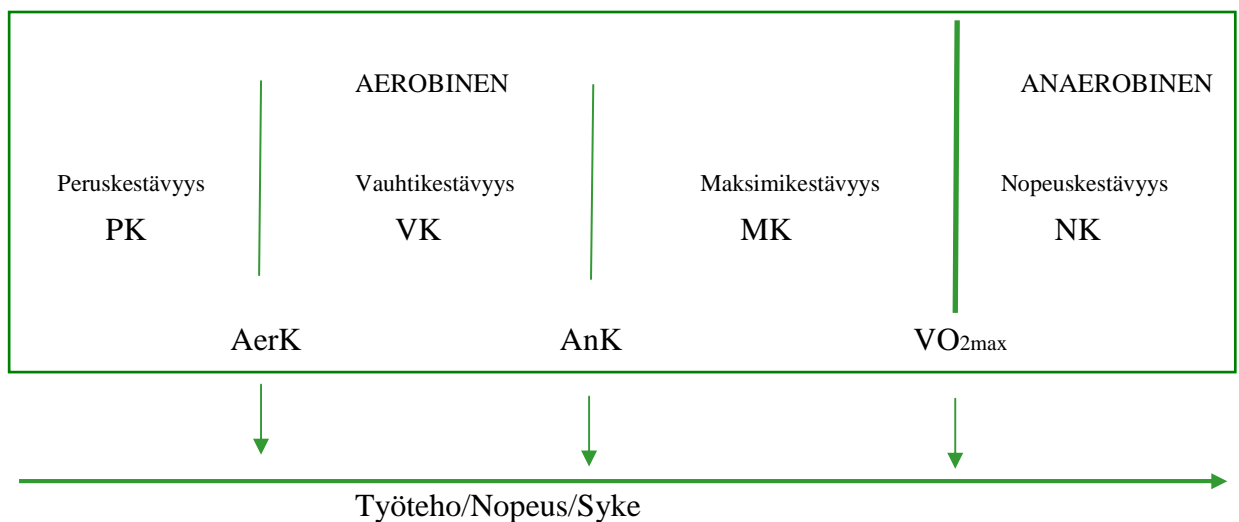
Helgerud ym. (2007) ovat tutkimuksessaan vertailleet erilaisella intensiteetillä ja erilaisella harjoittelumetodeilla suoritettavan aerobisen harjoittelun vaikutusta maksimaaliseen hapenottokvyyyn. Tutkimusjoukkona oli 40 tupakoimatonta, kohtuullisesti liikuntaa harrastavaa mieshenkilöä, jotka sattumanvaraisesti jaettiin neljään erilaiseen harjoittelumuotoa harjoittavaan ryhmään. Harjoittelujakson pituus oli yhteensä kahdeksan viikkoa ja harjoituksia suori-

tettiin kolmena päivänä viikossa. Ensimmäinen ryhmä harjoitteli pitkäkestoista ja hidastempoista juoksuharjoittelua, jonka teho oli 70 % maksimisykkeestä. Toinen ryhmä harjoitteli aerobisen kestävyyskynnysalueen rajalla, teho noin 85 % maksimisykkeestä. Kolmannen ryhmän harjoittelu koostui intervallipyörähdysistä juosten suhteella 15/15 (ensin 15 sekuntia juosten, jonka teho oli 90-95 % maksimisykkeestä, suoritusta seurasi 15 sekunnin aktiivinen palautuminen, jonka teho oli 70 % maksimisykkeestä). Neljännen ryhmän harjoittelu koostui 4 x 4 minuutin pituisista intervallijuoksuharjoitteista (4 minuuttia juoksua 90-95 % teholla maksimisykkeestä, jota seurasi 3 minuutin aktiivinen palautuminen, jonka teho oli 70 % maksimisykkeestä). Tulosten perusteella korkeaintensiteettinen aerobinen harjoittelu parantaa merkittävästi maksimaalista hapenottokykyä verrattuna pitkäkestoiseen ja matalatehoiseen harjoitteluun tai aerobisen kestävyyskynnysalueella tapahtuvaan harjoitteluun. Maksimaalisen hapenottokyvyn arvot muuttuivat harjoituskauden aikana 15/15 intervalliharjoituksia harjoittavalla osastolla 5.5 % ja 4 x 4 harjoittelumuotoa harjoittavalla osastolla 7.2 %.

4.5 Kestävyys

Kestävyydellä ymmärretään kykyä vastustaa väsymystä, joka riippuu työtä tekevien lihasten energiansaannista ja sen riittävydestä. Kestävyys jaetaan eri osa-alueisiin energia-aineenvaihdunnan perusteella. Aerobisessa lihastyössä teho on hyvin alhainen, jolloin työn vaatima energia saadaan hapettamalla hiilihydraatteja ja rasvoja. Aerobinen kynnys on noin 50-70 % maksimaalisesta hapenotosta. Henkilön maksimaalinen hapenottokyky vaikuttaa sykearvorajoihin. Aerobisessa peruskestävyys harjoittelussa syke on yleensä 120-150 lyöntiä minuutissa. Työtä jatkaessa syke tasaantuu vakiokuormalla tietylle tasolle, mutta hapellinen energiantuotto ei riitä työn tekemiseen. Anaerobisen glykolyysin avulla voidaan hapettomasti lisätä lihasten vaatimaa energiaa. (Kyröläinen 1998, 27.) Kestävyyteen vaikuttavat erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto, lihasten energia-aineenvaihdunta sekä hermoston toiminta. Kestävyyssuorituksissa fyysiseen suorituskyykyyn vaikuttavat maksimaalinen hapenottokyky, pitkäaikainen aerobinen kestävyys, fyysisen suorituksen taloudellisuus sekä hermo-lihasjärjestelmän suorituskyyky. (Nummela 2004, 51.) Kestävyyden merkitys korostuu suorituksissa joiden kesto ylittää kaksi minuuttia tai suoritus toistuu pidemmän ajan kuluessa useita lyhyitä ja tehokkaita fyysisiä suorituksia. Kestävyyssuorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat yksilön maksimaalinen aerobinen energiantuottokyky (VO_{2max}), pitkäaikainen aerobinen kestävyys, fyysisen suorituksen taloudellisuus sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokyky. Kestävyyssuorituskykyyn vaikuttavien tekijöiden painoarvoon vaikuttavat suorituk-

sen kesto, suorituksen luonne ja suoritustekniikka. Kestävyys voidaan jakaa suoritustehon, energia-aineenvaihdunnan tai sykkeen mukaan neljään eri osa-alueeseen (kuva 6.) Osa-alueet ovat aerobinen peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys. (Nummela ym 2004, 333-339.) Aerobisessa peruskestävyysalueella kuormituksen kokonaiskesto on 30-240 minuuttia. Suorituksen tehoalueen (% VO_{2max}) ollessa 40-70 %. Sydämen lyöntitiheys on alle 150 lyöntiä minuutissa. Vauhtikestävyysalueella kuormituksen kokonaiskesto on 20-60 minuuttia. Intervallitoiston pituus 5-20 minuuttia ja toistojen lukumäärä on 1-10 kpl. Suorituksen tehoalue (% VO_{2max}) on 65-90 % ja sydämen lyöntitiheys on 150-170 lyöntiä minuutissa. Maksimikestävyysalueella kuormituksen kokonaiskesto on 10-30 minuuttia. Intervallitoiston pituus on 3-10 minuuttia ja toistojen lukumäärä on 1-10 kpl. Suorituksen tehoalue (% VO_{2max}) on 80-100 % ja sydämen lyöntitiheys 170-200 lyöntiä minuutissa. (Nummela ym. 2004, 336.)



Kuva 6. Kestävyyden eri osa-alueet (mukailtu Nummela 2004)

Fyysisessä urheilusuorituksessa keskeiset väsymyksen aiheuttajat ovat lihasten energian loppuminen ja lihaksen happamuuden lisääntyminen. Energiantuottosysteemien teho ja kapasiteetti ovat merkittäviä ihmisen fyysiseen suorituskyykyyn vaikuttavia tekijöitä. Hyvä fyysinen suorituskyyky pitkäkestoisissa suorituksissa edellyttää suurta aerobista kapasiteettia (VO_{2max}) ja suorituksen keston pidentyessä taloudellisuuden ja energiavarastojen koon merkitys kasvaa. Pitkäkestoisessa fyysisessä kestävyysuorituksessa lihaksen glykogeenivarastojen riittävyys on itse suoritusta rajoittava ja väsymykseen vaikuttava tekijä. (Nummela 2004, 97.) Lihaksen väsymiseen vaikuttavat monet yksilölliset tekijät kuten lihaksen hypertrofia, lihaksen solu-kauma, energiavarastojen riittävyys, häiriöt energiantuottoprosesseissa, lihaksen Ph-lasku, hermoston väsyminen ja häiriöt lihassupistuksessa (Nummela 2004, 115). Pitkäkestoisessa peruskestävyysharjoittelussa väsymystä aiheuttaa veren sokeritasen lasku, hitaiden ja nopeiden

den lihassolujen glykogeenivarastojen loppuminen sekä elektrolyyttitasapainon muutokset, jotka aiheuttavat lihasten voimantuoton ja relaksaatiokyvyn heikkenemisen. Harjoittelu vauhtikestävyysalueella kehittää hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa, lihasten oksidatiivista ja glykolyttistä kapasiteettia sekä maitohapon poistamista. Maksimaalinen hapenotto määrittyy pääasiassa sydämen ja verenkiertoelimistön suorituskyvystä. (Rusko 1989, 151-159.)

Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavia ominaisuuksia, kuten maksimaalinen hapenottokyky, laktaattikynnykset sekä suorituksen taloudellisuus, voidaan kehittää kestävyysharjoittelun, aerobisen ja anaerobisen harjoittelun sekä voimaharjoittelun avulla. Harjoittelun aiheuttamat muutokset ovat olleet suuremmat nimenomaan harjoittelemattomien juoksijoiden keskuudessa, kuin ns. eliittijuoksijoiden keskuudessa. Kuitenkin kehittyneempien juoksijoiden keskuudessa voimaharjoittelun avulla voidaan kehittää myös juoksusuorituksen taloudellisuutta, jolla on myös vaikutusta kokonaissuorituskykyyn. Eräiden teorioiden mukaan juoksusuorituksen taloudellisuuteen ja sen kehittymiseen vaikuttavat yksilön hermolihaskäytännön ominaisuudet, lihasten elastisuus sekä lihasten motoristen yksiköiden rekrytointi. Teoreettisesti tarkasteltuna mikäli voimaharjoittelu parantaa ja kehittää kestävyysjuoksusuoritusta, kehittänee se varsinkin anaerobista kapasiteettia sekä hermolihaskäytännön ominaisuuksia. (Jung 2003.)

Hoff ym. (2002) ovat tutkineet erilaisen harjoittelun vaikutusta aerobiseen kestävyYTEEN. Tutkimukseen osallistui 19 miespuolista murtomaahiihtäjää, joiden ikä oli 19.7 ± 4.0 vuotta ja heidän maksimaalinen hapenottokykynsä oli 69.4 ± 2.2 ml/kg/min. Henkilöt jaettiin sattumanvaraisesti kahteen erilaista harjoittelua suorittavaan koeryhmään. Kontrolliryhmä harjoitteli pelkästään kestävyysharjoituksia, kun taas toisen ryhmän harjoitteluun lisättiin kolme kertaa viikossa suoritettavia lajivoimaharjoituksia. Lajivoimaharjoitukset toteutettiin ylävetotaljaa hyväksikäyttäen ja käsillä vedettiin vetokahvoista siten, että suoritettava liike vastasi mahdollisimman paljon murtomaahiihdossa suoritettavaa tasatyöntöä sauvoin. Lajivoimaharjoituksessa suoritettiin kolme sarjaa, joissa kussakin suoritettiin kuusi toistoa 85 % maksimivoimakuormalla. Harjoittelumuotoja harjoitettiin yhteensä kahdeksan viikon ajan. Ylävartalon ja käsivarsien voiman mittauksessa tulos parani merkittävästi (40.3 ± 4.5 ; 44.3 ± 4.9 kg). Lajivoimaharjoituksia ja kestävyysharjoituksia suorittavan osaston uupumiseen kuluva aika fyysisessä harjoituksessa parani 20.5 % verrattuna kontrolliryhmään. Tutkimustuloksen perusteella maksimaalinen voimaharjoittelu, joka vaikuttaa hermolihaskäytännön toimintakyvyn kehittämiseen, parantaa erityisesti voiman kehittymistä sekä parantaa suorituksen taloudellisuutta ja sitä kautta myös aerobista kestävyyttä.

4.6 Elimistön kuormittuminen

Työsuorituksen fyysisen kuormittavuuden arviointiin ja mittaamiseen käytetään pääsääntöisesti yksilön fysiologisia muuttujia. Arvioitaessa suorituksen aiheuttamaa kokonaiskuormittavuutta on otettava huomioon yksilön omat subjektiiviset tuntemukset. Kuntoutuksissa on havaittu, että potilaan omat subjektiiviset tuntemukset ovat hyödyllisiä kuormituksen arvioinnissa ja säätelyssä. (Kyröläinen ym. 2006.) Työsuorituksen fysiologisen kokonaiskuormittavuuden arvioinnissa käytetään yleisesti RPE-asteikkoa, Rating of Perceived Exertion (Borg 1970, Borg 1982.) Borgin (1970) mukaan fyysisen kuormituksen kokeminen on eksponentiaalisessa suhteessa itse kuormitukseen. Borg on laatinut 15-portaisen asteikon. Asteikkoa käytetään apuna arvioitaessa työn kuormituksen kokemista. Luku 6 vastaa henkilön lepopulssia 60 lyöntiä/min ja luku 20 vastaa äärimmäistä rasitusta, maksimisyke 200 lyöntiä/min. (Borg 1986.) Kokonaisvaltaisessa fyysisessä kuormituksessa koehenkilö kykenee arvioimaan suhteellisen hyvin elimistönsä kohdistuvan kuormittavuuden. RPE-asteikon mukaan tehdyt arvoinnit kasvavat melkein lineaarisesti kuorman kanssa. Borgin asteikkoa pidetään varsin luotettavana arvioitaessa työn kuormittavuutta. Asteikossa olevat arvot korreloivat hyvin hengityksen muuttujiin, mitattuun tai todelliseen kuormitustasoon, sydämen sykkeeseen sekä veren laktatipitoisuuksiin. (Kyröläinen ym. 2006.) Borgin taulukon käyttö testattavan subjektiivisen kuormittuneisuuden arviointiin edellyttää sen perusteellista selvittämistä testattavalle ennen testin aloittamista. Käytännön testien mukaan osa testattavista aliarvioi kuormittuneisuuttaan etenkin testin alkuvaiheessa. Testattaville on hyvä selvittää käytännön esimerkein kuormittuneisuuden arvioinnin asteikko ja tarkoitus. Taulukon alin kuormittuneisuuden arvo vastaa tilannetta, jossa testihenkilö on levossa, esimerkiksi istuu tuolissa. Korkein kuormittuneisuuden aste vastaa tilannetta, jossa kuormittuneisuus tuntuu kaikkein raskaimmalta. (Nummela 2004, 38-39.)

Fyysisen työn kuormittavuus voidaan luokitella aerobisen tehon mukaan *kevyeen työhön*, jossa on käytössä ainoastaan 25 % aerobisesta tehosta. *Intensiiviseen työhön*, jossa käytetään noin 25-50 % aerobisesta tehosta. Useimmat ruumiilliset työt kuuluvat tähän kategoriaan. *Submaksimaaliseen työhön* vastaa 50-75 % aerobisesta tehosta. Raskaat teollisuudenalan ja kaivosteollisuuden työtehtävät ovat kuormittavuudeltaan submaksimaalista työtä. *Maksimaaliseen työhön*, jossa käytetään 75-100 % aerobisesta tehosta. Ansiotyössä vastaavanlainen kuormitus on epätavallinen, mutta kestävyysurheilussa tavataan useinkin tällaisia tehoja. *Uupumiseen johtavassa työssä* toimitaan tehoalueella, joka ylittää maksimaalisen aerobisen tehon. Tavallisesti uupuminen tapahtuu muutamassa minuutissa, viimeistään kuitenkin puolen

tunnin kuluessa. Luokittelussa on käytetty hyväksi lihastyön fysiologisia vasteita keuhkotuu-
letus, hengitystaajuus, sydämen sykintätaajuus, hengitysosamäärä sekä veren laktaattipitoi-
suus. (Mond 1988.)

Lihaksen supistuminen ja työtapa voi olla joko staattista (isometrinen) lihastyötä tai dynaa-
mista lihastyötä. Staattisessa lihastyössä lihaksen pituus ei ulkonaisesti muutu, mutta sisällä
tapahtuu muutoksia. Dynaamisessa lihastyössä lihaksen pituus joko kasvaa tai lyhenee. Iso-
metristä lihaksen supistumistyötä tarvitaan esim. asennon ylläpitämisessä ja taakan kantami-
nessa. (Scherrer 1988, 28-31; Jackson ym. 2004, 49.) Raskaassa dynaamisessa työssä kuormi-
tus kohdistuu erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistöön. Tällaista lihastyötä tehdään mm.
silloin, kun työskennellään suurilla lihasryhmillä ja liikutetaan koko kehon painoa. Mikäli
taakkoja kannetaan, nostetaan, työnnetään, vedetään tällöin suuret lihasryhmät työskentelevät
sekä staattisesti että dynaamisesti. (Ketola 2003.) Dynaaminen lihastyö ei estä lihaksen veren-
kiertoa. Yleensä rajoittavana tekijänä lihaksen verenkierrolle on energiankuljetus verenkierron-
rossa. Energiankulutusta voidaan määrittää mittaamalla kulutettu happi ja tarvittaessa hengi-
tysosamäärä. Mikäli lihasten supistumisvaiheet toistuvat nopeasti, supistumisvaiheet ovat
voimakkaita ja niiden kokonaiskesto on pitkä, tällöin joudutaan turvautumaan anaerobiseen
aineenvaihduntaan. (Scherrer 1988, 36.) Mikäli staattinen lihassupistus on jatkuva, vaikeuttaa
se verenkiertoa lihaksessa. Verenkierron on todettu rajoittuvan supistusvoiman ylittäessä 15
% maksimivoimasta. (Scherrer 1988, 35.) Lihaksen tarvitsee sekä supistuakseen että lihasjänni-
tyksen ylläpitämiseen energiaa. Sitä se saa ravintoaineiden hapettumisesta – palamisesta. Jotta
lihas kykenee toimimaan riittävän tehokkaasti, on sen saatava tarpeeksi ravintoa ja happea.
Lihaksessa on aina varastoituna ravintoa, hiilihydraattia glykokeenina sekä rasvaa. Ravinnon
palamiseen tarvitaan riittävä määrä happea. Sydämen pumppaamana valtimoita pitkin virtaava
veri tuo mukanaan sekä ravintoa että happea. (Karvonen & Koskela 1969, 112.)

Laaksonen (2005) on tutkinut erilaisten lihastyötapojen vaikutuksia lihasten verenvirtaukseen
ja hapensaantiin. Tutkimuksen mukaan jatkuvan staattisen lihastyön aikana verenvirtaus ja-
kautuu lihaksen sisällä selvästi epätasaisemmin verrattuna dynaamiseen lihastyöhön. Tämä
taas vaikuttaa negatiivisesti hapen siirtymiseen verestä lihassoluihin. Verenvirtauksen epätasai-
nen jakautuminen ja siitä johtuva lihasten huonompi hapensaanti saattavat olla yhteydessä
staattisen lihastyön aiheuttamaan lihasväsymykseen. Jatkuvan staattisen lihastyön aikana ve-
renvirtaus jakautuu lihaksen sisällä selvästi epätasaisemmin verrattuna dynaamiseen lihastyö-
hön.

Dynaamisessa kuormituksessa fyysisen suorituksen kuormittavuuden ollessa suurempi kuin 40-50 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta, kasvaa sydämen syke suoraviivaisesti suhteessa hapenkulutukseen (Vuori 1994, 410). Ennen kuormitusta sykkeen nousun aiheuttavat psyykkiset tekijät. Kuormituksen alussa sykettä nostaa sympaattisen hermoston stimulointi ja vaagalisen toiminnan pieneneminen. Sykkeen kasvu kestää 1-6 minuuttia, riippuen työn kuormittavuudesta. Tämän jälkeen syke on saavuttanut suhteellisen vakiotilan. Mikäli työn kuormittavuus on niin raskasta, että se aiheuttaa uupumusta, jatkuu sykkeen kasvu hitaana. Hitaan nousun aiheuttaa kiertävän verimäärän pieneneminen, ruumiinlämmön kohoaminen, katekoliamiinien (noradrenaliini ja adrenaliini) erittyminen, lihasten uupumisesta johtuva työn hyötysuhteen pientyminen sekä psyykkiset tekijät. (Vuori 1994, 410; Kyröläinen ym. 2006.) Sydän reagoi fyysisiin suorituksiin sen mukaan, onko henkilö tottunut niihin. Huonokuntoisen henkilön leposyke on usein nopea (esim. 90 lyöntiä/min). Fyysisessä kuormituksessa tällainen sydän reagoi ennen kaikkea syketaajuutta lisäämällä. Hyväkuntoisen henkilön leposyke on alhainen, maratoonarilla jopa vain 35 lyöntiä/min. (Niensted ym. 2004, 197.)

4.7 Tutkimuksia kantolaitteiden fyysisestä kuormittavuudesta

Työterveyslaitos on julkaissut tutkimuksen, jonka tarkoituksena oli selvittää palo- ja pelastustyössä käytettävän suojavarustuksen kuorman aiheuttamaa raskautta. Tutkimuksen poikkileikkausvaihe valmistui tammikuussa 1997. Kuormitusta mittaava testi tehtiin savusukellustehtäviä jäljittelevällä testiradalla Helsingin pelastuslaitoksen Kallion keskuspaloasemalla huhtitoukokuussa 1996. Savusukellustesti koostui viidestä tehtävästä, jotka ovat tavanomaisia palo- ja pelastustyössä toteutettavia fyysisen työn toimintoja, kuten kävelyä, portaiden nousua, taakkojen kantamista ja tasapainoilua katolla tai tikkailla. Tutkimukseen osallistuvilla oli testiradalla yllään täydellinen savusukellusvarustus ja koehenkilöt ohjeistettiin suorittamaan tehtävät, kuten ne tehtäisiin todellisessa työtilanteessa. Jokaisesta tehtävästä rekisteröitiin ja analysoitiin sydämen työsyke (HR), tutkittavan työsykkeen prosentuaalinen osuus maksimisykkeestä (% Hrmax.) Lisäksi rekisteröitiin koettu kuormitus (RPE) ja jokaiseen tehtävään käytetty aika. Tutkimuksen mukaan 30-34 vuotiaiden nuorten miesten kuormittuminen (% Hrmax) eri osatehtävissä vastasi korkeaa verenkiertoelimistön kuormittumista (50-75 % Hrmax). Tällä kuormitustasolla palomies pystyy teoreettisesti työskentelemään yhtämittaan yli tunnin. Lisäksi paineilmasäiliölaitetta käytettäessä hengittämisen eli ilman saannin vaikeutuminen lisää kuormitusta erityisesti raskaassa lihastyössä. (Louhevaara ym. 1997.)

Dean (2004) on tutkinut Afganistanissa aavikko- ja vuoristo-olosuhteissa taistelevien jalkaväkijoukkojen kuormitusta ja suorituskykyä. Tutkimustiedot kerättiin kahden kuukauden aikana

syksyllä 2003. Tutkittava joukko koostui korkeasti koulutetuista jalkaväkimiehistä, jotka suorittivat kovia taisteluoperaatioita tehtävänänsä vangita tai tuhota Talibanin ja al Qaidan osastoja. Tutkimus on ainutlaatuinen Yhdysvaltain armeijassa, sillä vastaavia tutkimuksia taisteluvälikorustuksen aiheuttamasta fyysisestä kuormituksesta on tehty ainoastaan rauhanajan harjoituksissa. Operaatio Afganistanissa tarjosi harvinaisen mahdollisuuden kerätä tietoa sotilaiden toiminnasta ja fyysisestä kuormittumisesta erilaisissa taistelutilanteissa ja maasto-olosuhteissa. Tutkimus tarjoaa näkökulman siitä mitä yksittäinen sotilas kykenee mahdollisesti kantamaan taistelussa. Tutkimuksen tavoitteena on saada aikaan keskustelua nykyaikaisen sotilaan taisteluvälikorustuksen määrän ja painon vähentämisestä siten, että saadaan määriteltä tarkat ja tarkoituksenmukaiset taisteluvälikorusteet eri tilanteisiin.

Henkilökohtainen taisteluvälikorustus sisältää pistimen, henkilökohtaisen aseensa, vaatteet, kypärän, taisteluvälikorustukseen ja rajoitetun määrän ammuksia. Sotilaat, jotka joutuvat taistelemaan lähietäisyydellä mies miestä vastaan heidän välikorustuksensa tulee olla vain taistelussa välttämättömät välikorusteet, sillä ylimääräinen välikorustus on haitaksi. Kannettavan välikorusteiden määrä hyökkäävillä joukoilla tulee olla mahdollisimman vähäinen. Yli 21,8 kg:n menevä taisteluvälikorustuksen kuorma rajoittaa yksittäisen sotilaan taistelutoimintaa hyökkäystaistelussa. Olosuhteiden vaikutuksesta ja tehtävän luonteesta johtuen sotilas joutuu usein kantamaan hyvin raskaita kuormia. Pidemmällä marssilla maasto-olosuhteet saattavat rajoittaa ajoneuvojen käyttöä tai ajoneuvo ja ilmakuljetuskalustoa ei ole joukkojen käytössä. 55 kg:n kuormaa jaksetaan kantaa usean päivän ajan edellyttäen, että päivässä marssireitin pituus on enintään 20 kilometriä. Mikäli sotilas joutuu kantamaan 68 kg kantamuksen, joka on hyvin mahdollinen, tällöin uupuminen tulee hyvin nopeasti ja loukkaantumisen riski on suuri. (Dean 2004.)

Oksa ym. (1990) ovat tehneet tutkimuksen kantolaitteen m/95 fyysisestä kuormittavuudesta. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kantolaitteen aiheuttama fyysinen kuormittavuus kenttä- ja laboratorio-olosuhteissa sekä kantolaitteen vaikutusta suorituskykyyn heitoissa. Mittauksessa käytetty kantolaitte välikorustukseen painoi 11,8 kg. Tutkimukseen osallistui viisi koehenkilöä. Koehenkilöt tekivät sekä kentällä että laboratorioissa satunnaisessa järjestyksessä kaksi suoritusta, joko kantolaitteen kanssa tai ilman sitä. Kantolaitteen kuormittavuutta laboratorio-olosuhteissa mitattiin juoksumatolla ja askelluksessa. Juoksumatottesti suoritettiin kolmella nopeudella (5, 7, 5 ja 10 km/h), jolloin etenemisnopeus muuttui kävelystä nopeaan kävelyyn ja lopuksi holkkaan. Mittaus kesti 12 min (4 min/kuorma). Askellustestissä koehenkilöt (n = 2) askelsivat laboratorioissa (lämpötila 0 ja -20°) noin 17 cm korkealle tasolle 15 kertaa/min 60 minuutin ajan. Molemmissa testeissä mitattiin sykintätaajuus telemetrisesti ja hapenkulutus suoraan hengityskaasuista. Kantolaitte lisäsi fyysisestä kuormittavuutta keskimää-

rin 20 %. Kantolaite kohotti selvästi hapenkulutusta ja sydämen lyöntitiheyttä juoksumattotestissä. Tutkimuksen mukaan kuormitusmuodoista juoksumattotestinopeudet 7.5 ja 10 km/h olivat liian kuormittavia ja olisivat pidempään kestäessään aiheuttaneet uupumisen elimistön happamuustason kasvaessa liian suureksi. Korokkeelle askelluksessa kantolaitteen käyttö lisäsi kuormitusta 16 %. Kantolaitteen kuormittavuus työaikaa rajoittavaksi tekijäksi alkaa muodostua marssinopeudella 7.5 km/h.

Kraemer (2004) on tutkinut, miten erilainen harjoittelu vaikuttaa ihmisen taakan kantamiskykyyn. Tutkimus suoritettiin 12 viikon aikana siten, että harjoituksia suoritettiin 4 krt/vko. Koehenkilöistä muodostettiin neljä erilaista harjoitteluryhmää. RT + ET-osaston harjoittelu koostui sekä voimaharjoituksista (resistance training) että kestävyysharjoituksista (endurance training). UB (upper body) + ET - osasto harjoitteli myös voima- ja kestävyystyyppisiä harjoituksia, kuitenkin siten, että voimaharjoitukset keskittyivät pelkästään ylävartaloon. RT- osasto harjoitteli pelkästään voimaharjoituksia ja ET- osasto pelkästään kestävyysharjoituksia. Koehenkilöiden tulokset kevennyshyppyttestissä paranivat eniten osastoilla, joiden harjoitteluun kuului voimaharjoittelu. Taakan kantamiskykyä arvioitiin 2 mailin juoksutestillä, joka suoritettiin ennen 12 viikon harjoittelua ja harjoitusjakson jälkeen. Kantolaitteen paino oli 44.7 kg. Testitulokset osoittivat, että kokonaisvaltainen spesifistinen voimaharjoittelu yhdistettynä kestävyysharjoitteluun paransi eniten tulosta kahden mailin juoksussa raskaan kantolaitteen kanssa.

Fyysisen suorituksen aikana hapenotto, sydämen syke ja hengitystilavuus kasvavat lineaarisesti suhteessa kannettavan taakan massaan. Jokainen ylimääräinen kilogramma kasvattaa hapenottoa noin 33.5 ml/min, sydämen sykettä noin 1.1 lyöntiä/min ja hengitystilavuutta noin 0.6 l/min. (Borghols 1978.) Kannettavan taakan paino lisää oleellisesti elimistön kuormittavuutta. Kevyellä kuormituksella (11.78 kg) kantolaite lisää fyysistä kuormittavuutta keskimäärin 20 %. (Oksa ym. 1990.) Mikäli hyökkäystehtävissä, jotka suoritetaan jalkaisin ja henkilökohtaisen taisteluvälinevarustuksen lisäksi joudutaan kantamaan muuta erikoismateriaalia, kannettavan kuorman massa ei saa ylittää 32.7 kg:aa (Dean 2004). 36 kg:n taakan kantamisessa kuormittavuuteen vaikuttavat sukupuoli ja kehon koostumus (Harper ym. 1997). Raskaan taakan (40 kg:n) kantamisessa kehon koostumus ja absoluuttinen aerobinen kestävyys ovat oleellisia tekijöitä, kun arvioidaan henkilön suorituskykyä ja kestävyyttä (Lyons ym 2005).

Sukupuolten välisillä fysiologisilla ominaisuuksilla ei ole merkittäviä eroja taakan kantamiskykyssä niin kauan, kun kannettavan taakan massan paino on alle 15 kg:n. Massan kasvaessa yli 15 kg:n, sukupuolten väliset erot vaikuttavat enemmän fyysiseen suorituskykyyn ja taa-

kankantamiskykyyn. Yksilön kehon koostumuksen ominaisuuksista (pituus, paino, BMI, rasvaprocentti, lantion ympärysmitta, vyötärön ympärysmitta) kehon rasvaprocentti on paras muuttuja, kun arvioidaan kykyä kävellä 11 kg:n suojaliivi yllä kohtuullista vauhtia puolen tunnin ajan. Kehon rasvaprocentti korreloi negatiivisesti suoritusajan kanssa marssittaessa kantolaitteen kanssa. Sotilashenkilöiden, jotka tehtävissään joutuvat kantamaan suojaliiviä tai kantolaitetta, kehon rasvaprocentti ei saisi miehillä olla yli 17 % ja naisilla yli 26 %. (Riccardi 2007.)

Crowder ym. (2007) tutkivat kahden eripainoisen sotilaan varustekokonaisuuksien massan vaikutusta aineenvaihdunnallisiin muuttujiin. Asukokonaisuuksien kokonaispainot olivat 26.3 kg ja 29.1 kg. Tutkimuksessa 14 mieshenkilöä suoritti molemmissa varustekokonaisuuksissa 30 minuutin marssisuorituksen, nopeudella 6.0 km/h. Nousukaltevuus vaihteli suorituksen aikana. Ensimmäiset 10 minuuttia nousukulma oli 0 %, seuraavat 10 minuuttia nousukulma oli 5 % ja marssisuoritusten viimeiset 10 minuuttia nousukulma oli 10 %. Tarkasteltavat muuttujat olivat hengitystilavuus, hiilidioksidin tuotto, hengityksen minuuttitilavuus ja sydämen syke. Tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia kahden eripainoisen varustekokonaisuuden välillä. Tutkijat tulivat kuitenkin siihen johtopäätökseen, että nousukulma, kannettavan taakan massa ja yksilön fyysisen suorituskyvyn osa-alueet vaikuttavat fyysiseen suoritukseen ja saattavat vaikuttaa kestävyYTEEN taistelukentällä.

Henkilön kuormankantokykyyn ja kuormittumiseen vaikuttavat olennaisesti ikä, antropometriset ominaisuudet, aerobinen ja anaerobinen voima, lihasvoima, vartalon koostumus ja sukupuoli. Muita merkityksellisiä muuttujia ovat taakan kantamisen aikana havaitut subjektiiviset vaikutukset, kuorman mittasuhteet, kuorman sijoittaminen, biomekaaniset seikat, maasto-olosuhteet ja kantajaa suojaava vaatetus. Maksimitaakan ja kuormittavuuden määrää ei voida tarkkaan määritellä, sillä muuttujia on hyvin paljon. Yleisesti käytetyn arvioinnin mukaan kuorma ei saisi ylittää 1/3 osaa kuorman kantajan omasta painosta. Tämä tarkoittaa sitä, että 72 kg:n henkilön kannettava kuorma ei saisi olla yli 24 kg. (Haisman 1988.) Jalkaisin tapahtuvassa siirtymisessä kannettavan taakan tulisi painaa enintään 33 kg (45 % kehon massasta) ja henkilökohtainen taisteluväriustus tulisi painaa enintään 22 kg (30 % kehon massasta) (Knapik 1989). Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että yhdistetty voimaominaisuuksien ja aerobisen kestävyYDEN harjoittelu ovat erittäin tehokas keino parantaa kestävyYTTÄ, taakan kantamiskykyä ja fyysistä suorituskykyä (Brett ym. 1998; Hoff ym. 2002; Zoeller ym. 2005).

5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vertailla sotilaan taisteluvarustuksen m/91 ja kaupunkijääkäriin taisteluvarustuksen m/05 fysiologista kuormittavuutta ja kannettavan taakan massan vaikutuksia kaupunkijääkäriin fyysiseen suorituskyykyyn iskuosastomaisessa hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella. Tarkoituksena on myös määrittellä millainen kaupunkijääkäriksi koulutettavan sotilaan tulisi olla fyysisiltä ominaisuuksiltaan, jotta kaupunkijääkäriin henkilökohtaisen taisteluvarustuksen m/05 massa ei vaikuta merkitsevästi sotilaan fyysiseen suorituskyykyyn taistelukentällä.

Tutkimusongelmat ovat:

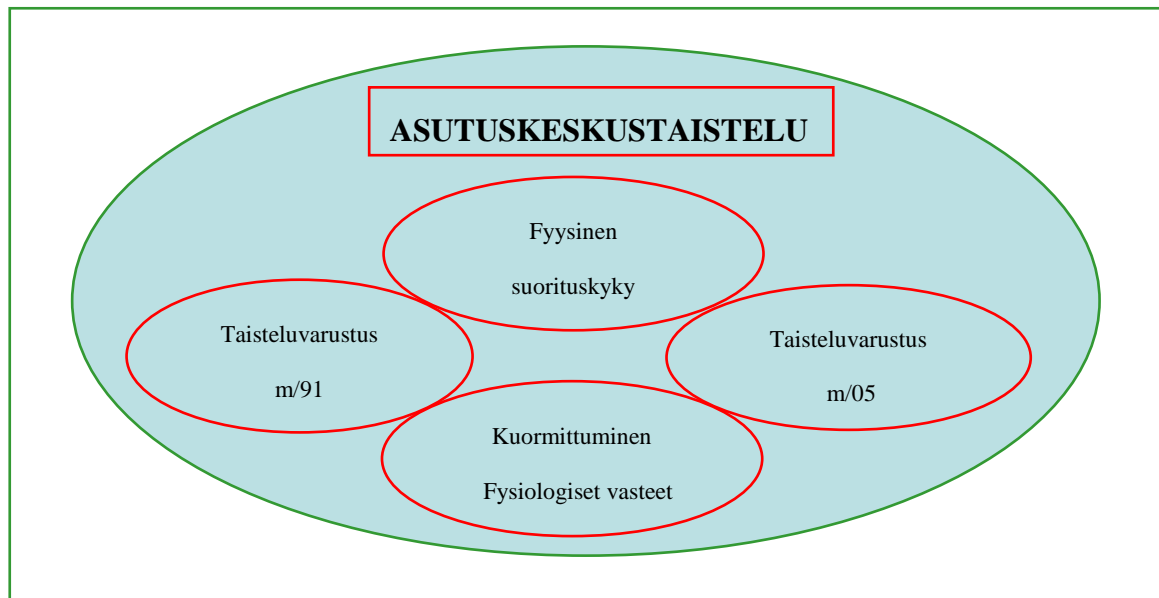
Miten sydämen syketaajuus, veren laktaattipitoisuus ja kuormituksen subjektiivinen tuntemus muuttuvat, kun kannettavan taisteluvarustuksen massa kasvaa lähes kaksinkertaiseksi? Miten kannettavan taisteluvarustuksen massan kasvaminen vaikuttaa kaupunkijääkäriin fyysiseen suorituskyykyyn hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella?

Mikä on maksimaalisen hapenottokyvyn, voimaominaisuuksien ja kehon antropometristen ominaisuuksien merkitys eripainoisen taakan kantamisessa?

Millainen kaupunkijääkäriksi koulutettavan sotilaan tulisi olla fyysisiltä ominaisuuksiltaan, jotta kaupunkijääkäriin kantolaitteen m/05 massa ei rajoita fyysistä toimintaa hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella?

5.1 Tutkimuksen viitekehys ja rajaus

Tutkimus käsittelee sotilaan taisteluvarustuksen m/91 ja kaupunkijääkäriin taisteluvarustuksen m/05 massan vaikutusta fysiologisiin muuttujiin ja kaupunkijääkäriin fyysiseen suorituskyykyyn iskuosastomaisessa hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella. Tarkasteltavia muuttujia ovat sydämen syketaajuus, veren laktaattipitoisuus ja niiden muutokset sekä subjektiivisen kuormituksen kokeminen eripainoista taakkaa kantaessa (kuva 7). Lisäksi tutkimuksessa pyritään tarkastelemaan maksimaalisen hapenottokyvyn ja kehon antropometristen ominaisuuksien sekä voimaominaisuuksien merkitystä eripainoista taakkaa kantaessa.



Kuva 7. Tutkimuksen viitekehys

6. TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Koehenkilöt

Tutkimusjoukoksi valittiin Kaartin Jääkärirykmentissä kaupunkijääkäreiksi koulutettavat henkilöt. Tutkimuslupaesitys tehtiin Kaartin Jääkärirykmentin komentajalle, joka antoi suostumuksensa tutkimustyön tekemiselle. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta antoi myöntävän lausunnon tutkimuksen tekemiselle. Tutkimuksen informaatiotilaisuuteen osallistui yhteensä 138 henkilöä, joista 29 henkilöä ilmoitti vapaaehtoisesti halukkuutensa osallistua tutkimukseen. Sekä pilottiryhmän kolme koehenkilöä että varsinaisen tutkimuksen kaksitoista koehenkilöä valittiin vapaaehtoisista SRS-menetelmää (Simple Random Sampling) käyttäen. Tutkimusjoukko edustaa kaupunkijääkäreiksi koulutettavaa joukkoa, joka on valikoitunut satunnaisesti Kaartin Jääkärirykmenttiin ja 2. Jääkärikomppaniaan. Metsämuurosen (2000, 37) näkemyksen mukaan koehenkilöiden valinta satunnaisotannan perusteella lisää tutkimuksen luotettavuutta, koska kukin havainto on tullut mukaan täysin sattumalta ilman tutkijan tai tutkittavan pyrkimystä. Selkein satunnaisotannan menetelmistä on yksinkertainen satunnaisotanta (SRS simple random sampling). Tällaisessa otantamenetelmässä perusjoukon jäsenistä valitaan sattumanvaraisesti sopiva määrä yksiköitä mukaan. Otantamenetelmä voidaan toteuttaa antamalla kullekin perusjoukon jäsenelle oma numero ja valitaan numerot käyttäen jotain satunnaista mekanismia. Tähän tutkimukseen osallistuvien koehenkilöiden otanta suoritettiin antaen kullekin tutkimukseen halukkaaksi ilmoittautuneelle oma numero. Jokainen numero kirjattiin samanlaiselle paperipalalle, jotka taitettiin samalla tavalla ja laitettiin hattuun,

josta tutkimuksen ulkopuolista henkilöä pyydettiin poimimaan sattumanvaraisesti yhteensä 15 numeroa.

Taulukko 1. Koehenkilöiden kuvaus

Miehet N = 12	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva %	BMI	Alaraajan pituus (cm)
Keskiarvo	19.5	180	72.9	12.6	22.5	84.9
Keskihajonta	0.9	6	7.2	4.8	1.5	4.2
Minimi	19	170	61.5	6.4	20.8	76.5
Maksimi	20	192	83.0	23.5	26.2	90.8

Koehenkilöt täyttivät mittauspäivinä ennen ensimmäisiä laboratorio- ja kenttämittauksia liikunta- ja terveyskäyttätymiskyselyn. Kyselyn avulla kartoitettiin koehenkilöiden yleisiä tietoja, liikuntakäyttätymistä ja liikunta-aktiivisuutta, koulutustaustaa, yleistä terveydentilannetta sekä muita mahdollisia tutkimuksiin vaikuttavia tekijöitä. Tällä tavoin saatiin selville koehenkilöiden taustamuuttajat ja muut mahdolliset tekijät, jotka saattavat olla merkittävässä roolissa tutkimustulosten analysointivaiheessa.

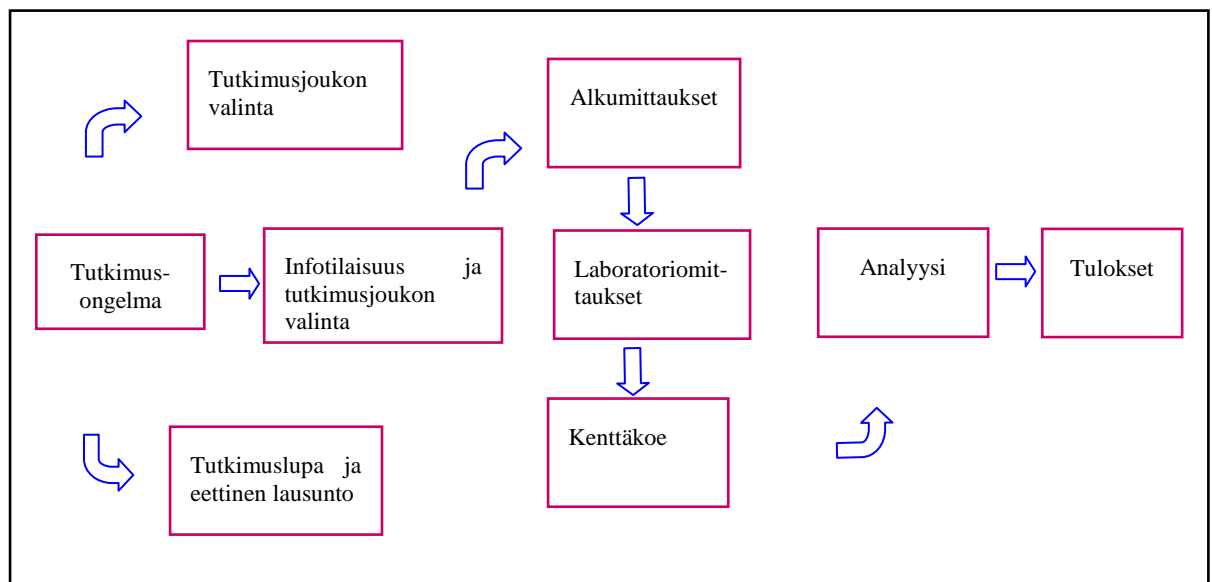
6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksen informaatiotilaisuus pidettiin Santahaminassa Kaartin Jääkärirykmentin 2. Jääkärikomppanian varusmiehille 12.3.2007. Informaatiotilaisuuteen osallistui yhteensä 138 henkilöä, joista 29 oli halukasta osallistumaan tutkimukseen. Koehenkilöiksi valittiin sattumanvaraisesti arpoen 2 henkilöä pilottitestiin ja 12 henkilöä varsinaisiin tutkimuksiin. Kenttäkokeen pilottitesti järjestettiin Santahaminan esteradan maastossa 12.6.2007. Pilottitestiin osallistui kaksi kaartinjääkärää, jotka valittiin sattumanvaraisesti tutkimukseen vapaaehtoisesti osallistuvien joukosta. Pilottitestin koehenkilöt eivät kuuluneet tutkimuksen laboratorio- tai kenttäkokeen suorittaneisiin koehenkilöihin. Pilottitestin koehenkilöistä toinen suoritti hyökkäyssimulaattoriradan m/91 varustuksessa ja toinen m/05 varustuksessa. Pilottitestin perusteella osa esteradan esteistä jouduttiin jättämään väliin varsinaisessa kenttäkokeessa. Syynä esteiden poisjättämiseen oli palvelusturvallisuuden mahdollinen vaarantuminen. Osa esteistä oli liian korkeita ja vaarallisia ylittää fyysisen rasituksen alaisena. Sateen mahdollisuus varsi-

naisten kenttäkokeiden aikana aiheutti muutaman esteen jättämisen kenttäkokeen ulkopuolelle.

Alkumittaukset suoritettiin Hämeen Rykmentissä Urheilukoulun testiasemalla 13.–14.6.2007. Koehenkilöt saivat kaksi vuorokautta ennen laboratoriomittauksia suulliset ohjeet valmistautumisesta mittauksiin ja mittaustapahtuman kulusta. Ohjeessa koehenkilöitä kehoitettiin välttämään kovaa räsitusta ja alkoholin käyttöä mittauksia edeltävinä päivinä. Lisäksi heitä pyydettiin ruokailemaan, nauttimaan nestettä ja nukkumaan yhtä paljon mittaolosuhteiden vakioimiseksi. Laboratorio-olosuhteissa mitattiin maksimaalinen hapenottokyky, alaraajojen, vatsa- ja selkälihasten ja yläraajojen maksimaaliset voimaominaisuudet, kehon antropometriset ominaisuudet sekä alaraajan luuston pituus oikean jalan kehräsluusta reisiluun isoon kyhyyn.

Kenttäkokeessa pyrittiin selvittämään fysiologisten muuttujien avulla kannettavan taakan massan aiheuttamaa elimistön fysiologista kuormittavuutta, fysiologisilta ja antropometrisilta ominaisuuksilta erityyppisille taistelijoille. Laboratoriotestissä saadut tulokset maksimaalisesta hapenottokyvystä, syketaajuuksien muutoksista, ja veren laktaattipitoisuuksien muutoksista sekä kehon voimaominaisuuksista toimivat hyvänä referenssinä, kun tarkastellaan kahden eripainoisen kannettavan taakan aiheuttamaa fysiologista kuormittavuutta ja vaikutusta kaupunkijääkärien hyökkäystaisteluun asutuskeskustaisteluympäristössä. Kenttäkokeen koehenkilöt suorittivat maastoon simuloidulla asutuskeskustaisteluradalla Maanpuolustuskorkeakoulun esteradan alueella Santahaminassa 25.–26.6.2007 välisenä aikana. Koehenkilöiden harjoittelua pyrittiin rajoittamaan siten, että mittauksia edeltävinä päivinä he saivat suorittaa ainoastaan keveitä harjoituksia. Tutkimuksen johtaja antoi koehenkilöille suulliset ohjeet valmistautumisesta sekä laboratorio- että kenttäkokeisiin. Kuvasta 8. ilmenee tutkimusasetelma ja tutkimuksen kulku.



Kuva 8. Tutkimusasetelma

6.3 Varustus

Laboratoriossa suoritettussa suoran maksimaalisen hapenottokyvyntestissä ja voiman mittauksissa koehenkilöiden varustuksena olivat lenkkikengät, SA- juoksu housut ja t-paita m/91. Kehon antropometrisia ominaisuuksia mitatessa koehenkilöillä oli yllään ainoastaan alushousut.

Kenttäkokeessa käytettiin kahta erilaista taisteluvarustekokonaisuutta. Toinen varustekokonaisuus oli sotilaan henkilökohtainen taisteluvarustus m/91 ja toinen oli kaupunkijääkäriin henkilökohtainen taisteluvarustus m/05. Koehenkilöillä oli yllään molemmissa kenttämittauksissa alushousut, t-paita m/91, sukat, maastopuvun takki m/91, maastopuvun housut m/91 ja varsikengät. Tämän lisäksi m/91 sotilaan henkilökohtainen taisteluvarustus sisälsi taisteluvyön m/91, komposiittikypärän suojahupulla, 7.62 rynnäkkökivääri 95:n, sadepuvun takin, sadepuvun housut, 6 kpl muovista rynnäkkökiväärin lipasta (lipastettu), kenttäkeittoastian, vedellä täytetyn kenttäpullon ja suojanaamarilaukun ml. suojanaamari. Sotilaan kannettavan henkilökohtaisen taisteluvarustuksen m/91 kokonaispaino oli noin 16.8 kg:aa.

Kaupunkijääkäriin henkilökohtainen taisteluvarustus m/05 sisälsi varusteliivin m/05, komposiittikypärän suojahupulla, suojalasit, luotisuojaliivit, 7.62 rynnäkkökivääri 95:n, taktisen valon (ml. säilytyskotelo), punapistetähtäimen (ml. säilytyskotelo), 6 kpl muovista rynnäkkökiväärin lipasta (lipastettu), viiltosuojakäsineet, palosuojahupun, vedellä täytetyn kenttäpullon, sadepuvun takin, sadepuvun housut, ja suojanaamarilaukun ml. suojanaamari. Kaupunkijääkäriin kannettavan henkilökohtaisen taisteluvarustuksen m/05 kokonaispaino oli noin 30.3 kg:aa.

6.4 Tutkimusmenetelmät

Leposyke. Koehenkilöiden leposyke saatiin selville asettamalla heille yöksi sykepanta, joka tallensi yön aikana leposykkeen. Leposyke mitattiin laboratoriotestiä edeltävän yön aikana. Tulokset analysoitiin seuraavana aamuna Hämeen Rykmentin Urheilukoulun testiasemalla. Leposykkeen mittauksessa käytettiin Suunnon sykemittaria (malli T 6) ja aineisto analysoitiin First Beat hyvinvointiohjelmiston avulla. (Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä, Suomi.)

Liikunta- ja terveyskäyttämiskysely. Koehenkilöt täyttivät mittauspäivinä ennen ensimmäisiä laboratorio- ja kenttämittauksia liikunta- ja terveyskäyttämiskyselyn, jolla kartoitettiin koehenkilöiden liikunta-aktiivisuutta, koulutustaustaa, terveyttä ja muita tietoja. Tällä tavoin saatiin selville koehenkilöiden taustamuuttajat ja muut mahdolliset tekijät, jotka saattavat olla merkittävässä roolissa tutkimustulosten analysointivaiheessa.

Antropometria. Kehon koostumuksen mittauksissa mittauslaitteena käytettiin Biospacen 2004 valmistamaa In Body 720 composition analyzer lääketieteellistä mittalaitetta, jolla mitattiin kehon koostumuksen yleisimmät analysointitiedot. Bioimpedanssianalyysin (BIA) perusperiaatteeseen perustuen InBody hyödyntää 8-pisteen kosketuselektrodeja, segmentaalista BIA:ta ja monitaajuus BIA: ta. (<http://www.likes.fi/fi/testaus/inbody.html>.) Laitteen avulla mitattiin koehenkilöiden kehon rasvaton massa (Lean Body Mass = LBM), kehon nesteet (Total Body Water = TBW), rasvamassa, rasvaprosentti (% BF), rasvajakauma (vyötärö-lantio suhde), pituus (cm), paino (kg), painoindeksi (Body Mass Index = BMI), solunsisäinen/-ulkoisen nestejakauma (ICF/ECF). BIA mittauksessa kehon läpi johdetaan vähäistä sähkövirtaa ja mitataan kehon biosähköisen vastuksen suuruus. (Jackson ym. 2004, 100.) Lisäksi koehenkilöiltä mitattiin alaraajan pituus. Mittaus suoritettiin mittanauhalla oikean jalan ulkokehräsluusta reisiluun isoon kyhmyyn.

Voiman mittaukset. Voimaominaisuuksien mittaukset suoritettiin mittaamalla alaraajojen, keskivartalon sekä yläraajojen maksimaalinen isometrinen voima. Mittaukset suoritettiin Hämeen Rykmentin Urheilukoulun testiasemalla NewTest (Newtest, Oulu, Suomi) voimadynamometrilaitteilla. Varustuksena voimamittauksissa koehenkilöillä olivat lenkkikengät, sukat, urheilushortsit ja t-paita. Jalkojen voimantuotto-ominaisuuksia mitattiin jalkadynamolaitteella sekä esikevennyshypyn ja staattisen hypyn avulla. Jalkavoimat mitattiin isometrisesti jalkadynamometrillä (kuva 8), jossa mittauslaite säädettiin 90°:een polvikulmaan kullekin koehenkilölle erikseen. Laitteella mitattiin alaraajalihasten ojennusvoima. Koehenkilöillä oli kolme suoritusta, joista paras tulos huomioitiin. Hyppytesteissä (kuva 9) käytettiin kontaktimattoja.

Staattinen hyppy suoritettiin tasajalkaa kädet lanteilla 90 asteen polvikulmasta ja kevennys-hypyssä koehenkilö ”otti vauhdin” kyykistymällä ennen ponnistusta. Kummassakin hypyssä koehenkilön tuli palata suoriin jaloin takaisin kontaktimatolle. Hypyistä mitattiin lentoaika ja laskettiin kehon painopisteen nousukorkeus. Koehenkilöt suorittivat molemmat hypyt kaksi kertaa, joista kirjattiin parempi tulos.

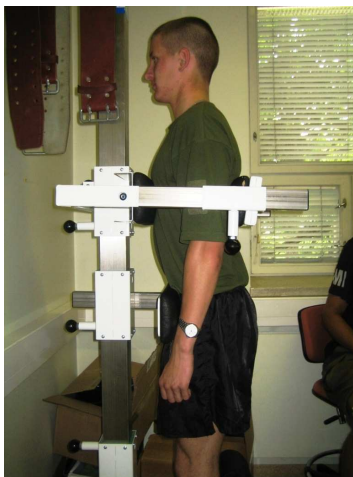
Keskivartalon voimantuotto-ominaisuuksia arvioitiin mittaamalla vatsa- ja selkälihasten voimia. Mittaukset suoritettiin samalla voima-anturimittauksella seisoma-asennossa, jossa testattava jännitti isometrisesti vatsa-/selkälihaksia (koukisti tai ojensi ylävartaloa) asetettua tukea vasten (Kuvat 10 ja 11.) Koehenkilöt tekivät kaksi yritystä molemmilla lihasryhmillä, joista parempi tulos huomioitiin. Yläraajojen voima-ominaisuuksia arvioitiin mittaamalla sekä käsi-voimia että käden puristusvoimaa. Käsivoimia mitattiin istuma-asennossa, josta testattava ojensi kätensä isometrisesti hartioiden levyisellä otteella kyynärkulman ollessa 90 astetta (kuva 12.) Koehenkilöillä oli kolme suorituskertaa ja paras tulos huomioitiin. Puristusvoimamittaus (kuva 13) tehtiin molemmilla käsillä erikseen käyttäen hydraulista säädettävää käden dynamometri puristusvoimamittaria (SH5001 Hydraulic Hand Dynamometer, Saehan Corporation, Korea.) Mitattava istui tuolilla, olkavarsi kevyesti kiinni vartalossa ja kiertojen suhteen neutraaliasennossa. Kyynärnível noin 90°:een kulmassa ja ranne mahdollisimman suorassa sekä sivu- että korkeussuunnassa. Mittauksen aikana mittari on pystysuorassa, asteikko mitaajaan päin. Ennen mittauksen tekemistä koehenkilöille kerrottiin ja näytettiin suorituksen toteutustapa. Puristuksen tulee olla nopea ja mahdollisimman voimakas. Kummallakin kädellä suoritettiin kaksi maksimaalista puristusta. Suoritusten välillä oli noin 30 sekunnin tauko. Tulokseksi kirjattiin molempien käsien parempi tulos keskiarvokiloina (kg.)



Kuva 8. Jalkavoimien mittaus



Kuva 9. Staattinen hyppy



Kuva 10. Selkälihasten mittaus



Kuva 11. Vatsalihasten mittaus



Kuva 12. Käsivoimien mittaus



Kuva 13. Käsivoimien mittaus

Maksimaalinen suora hapenottotesti suoritettiin juoksumattotestillä Urheilukoulun testiase-
malla. Mattotestillä saatiin mitattua koehenkilön maksimisyke (HRmax) ja maksimi ha-
penoton arvo (ml/kg/min), aerobisen ja anaerobisen kynnysten sykkeiden raja-arvot sekä em.
kynnysten veren laktaattipitoisuuksien arvot. Ennen alkuverryttelyä koehenkilöiltä otettiin
oikean käden etusormesta verinäyte, josta analysoitiin veren laktaattipitoisuus entsymaattisen
amperometriseen menetelmään perustuvalla Biosen S_line model 5222-0123-6200 (EKF-
diagnostic, Saksa) laitteella. Ennen juoksumattotestin alkua koehenkilöt suorittivat juoksuma-
tolla kevyen alkuverryttelyn. Hengityskaasut analysoitiin SensorMedics-ohjelmalla. (Vmax
series 2900, Kalifornia, USA.) Juoksumaton nopeus alkuvaiheessa on 9 km/h ja maton nou-
sukulma on 1.0 astetta. Kolmen minuutin välein juoksumatto pysäytettiin hetkeksi ja koehen-
kilöltä otettiin verinäyte veren laktaattipitoisuuden määrittämistä varten. Samassa yhteydessä
kirjattiin ylös koehenkilön syke. Näytteenoton aikana juoksumatto oli pysähdyksissä noin 15
sekunnin ajan. Jokaisen kolmen minuutin välein otettujen arvojen jälkeen juoksumaton no-

peutta lisättiin 1.0 km/h aina 13 km/h asti. Tämän jälkeen juoksumaton nopeus pidettiin vakiona ja kolmen minuutin jälkeen juoksumaton nousukulma nostettiin 1.0 asteella. Tämän jälkeen juoksumaton nousukulmaa nostettiin kolmen minuutin välein 0.5 asteella. Testin aikana sydämen syke tallentui viiden (5) sekunnin välein Polar Vantage AV:lla. (Polar Electro Oy, Kempele, Suomi.) Hengityskaasuanalysointilaitteisto VMax SensorMedics 2900 tallensi tiedot hengityskaasuista 20 sekunnin välein. Koehenkilöiden tavoitteena oli juosta mattotesti uupumiseen saakka. Testi voitiin keskeyttää koehenkilön ilmoituksesta tai testaajan havaitessa testiin kuulumattomia oireita. Kolme minuuttia ja kuusi minuuttia testin päättymisen jälkeen koehenkilöiltä otettiin verinäyte veren laktaattipitoisuuden määrittämistä varten.



Kuva 14. Maksimaalinen hapenottokyvyn testi.

Laktaatin mittaaminen suoritettiin laboratoriotesteissä vasemman käden keskisormesta, joka analysoitiin Biosen S_line model 5222 -0123-6200 (EKF-diagnostic, Saksa) laitteella. Koehenkilöiltä mitattiin veren laktaattipitoisuus ennen testiä ns. nollatilassa, testin aikana kolmen minuutin välein ja sekä kolme minuuttia että kuusi minuuttia testin jälkeen. Kenttäkokeessa verinäytteet otettiin oikean käden keskisormesta kapilaariliuskaan ja verinäyte analysoitiin Lactate Pro-pika-analysaattorilla. (Arkay Factory Inc., Shiga, Japani.)

Subjekttiivisen rasittuneisuuden asteikkoa (Borgin asteikko) käytettiin apuvälineenä arvioitaessa koehenkilöiden fyysistä kuormittuneisuutta. Ennen kenttäkoetta koehenkilöille annettiin selkeät ohjeet asteikon käyttämisestä, jotta koehenkilöiden subjektiiviset tuntemukset ja todelliset syke- ja kuormitustasot korreloivat. Koehenkilöitä pyydettiin kiinnittämään kenttäkokeiden aikana, molemmissa taisteluvälineissä, huomiota siihen, kuinka raskaaksi hän kokee kantolaitteen aiheuttaman kuormittavuuden testin eri vaiheissa. Numeerisen arvion tuli perus-

tua yleiseen rasittuneisuuden tuntemukseen yhdistämällä kaikkia vaikuttavia rasisustekijöitä, tuntemuksia ja aistimuksia. Ohjeeksi annettiin myös, ettei koehenkilö ali- tai yliarvioi kuormittuneisuuden tuntemuksia. Tämän tutkimuksen kenttäkokeessa käytettiin Borgin asteikkoa 6-20.

Kenttäkoe suoritettiin Santahaminan esteradan maastossa. Alueelle laadittiin tehtävärata, jonka tarkoituksena oli simuloida yksittäisen sotilaan fyysisiä toimintoja iskuosaston hyökkäystaistelussa asutuskeskusympäristössä. Simulaattoriradalla koehenkilö teki niitä fyysisiä suoritteita, joita hän joutuisi mahdollisesti tekemään todellisessa hyökkäystilanteessa rakennetulla alueella. Koehenkilöt suorittavat asutuskeskustaistelusimulaattoriradan molemmissa taisteluvälineissä kerran. Koehenkilöiden tehtävänä oli suorittaa hyökkäystehtävä lähtöasemasta tavoitteeseen jalan. Ohjeeksi annettiin, että taisteluväline ja fyysinen toimintakyky tuli säilyttää koko simuloidun hyökkäystaistelun ajan aina tavoitteeseen saakka. Tavoitteessa koehenkilöiden oli kyettävä tuhoamaan rynnäkkökiväärillä erikokoisia maaleja mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. Kokonaispituutta hyökkäysreitille tuli yhteensä noin 1480 metriä. Koehenkilöt jaettiin kahteen kuuden henkilön ryhmään. Ensimmäinen osasto suoritti maanantaina, ensimmäisenä mittauspäivänä, mittaukset taisteluvälineissä m/91 ja toinen osasto tiistaina kaupunkijääkärien taisteluvälineissä m/05. Kolmantena mittauspäivänä, torstaina, ensimmäinen osasto, joka suoritti maanantaina mittaukset taisteluvälineissä m/91, suoritti simulaattoriradan taisteluvälineissä m/05 ja perjantaina osasto, joka suoritti tiistaina taisteluvälineissä m/91, suoritti mittaukset taisteluvälineissä m/05. Mittaukset suoritettiin siten, että koehenkilöillä on mittaus molempina päivinä samaan aikaan. Kahden eripainoisen välineen kanssa suoritettavien mittausten välissä oli kaksi lepopäivää, joiden aikana koehenkilöitä ohjeistettiin lepäämään ja välttämään fyysistä rasitusta ja alkoholin käyttöä. Koehenkilöt saivat suulliset ohjeet valmistautumisesta mittauksiin ja mittauspahtuman kulusta. Ohjeessa koehenkilöitä kehoitettiin välttämään kovaa rasitusta ja alkoholin käyttöä mittauksia edeltävinä päivinä. Lisäksi heitä ohjeistettiin ruokailemaan, nauttimaan nestettä ja nukkumaan yhtä paljon mittausolosuhteiden vakioimiseksi. Ennen kenttäkokeita tutkittavilta tiedusteltiin yleistä terveydentilannetta ja annettujen ohjeiden noudattamista. Kenttäkokeessa tarkasteltavina muuttujina olivat sydämen syke, laktaattiarvojen muutokset, subjektiivisen rasittuneisuuden tunteminen, suoritusvaiheisiin käytetty aika.

Kenttäkokeen aikana koehenkilöt oli varustettu sykemittarilla (Suunto T 6, Vantaa, Suomi), joka rekisteröi koehenkilön sydämen työsykkeen. Sydämen syketaajuuksien muutokset toimivat hyvänä mittarina, kun arvioidaan koehenkilön aerobista ja anaerobista kestävyyttä ja sitä millä kestävyysalueella ja kuinka kauan koehenkilö työskenteli eripainoisen kannettavan

taakan kanssa. Lisäksi koehenkilöltä otettiin verinäyte oikean käden etusormesta veren laktaattipitoisuuden määrittämistä varten. Laktaatin mittaamiseen käytettiin pika-analysaattoria. (Lactate Pro, Arkray inc., Japani) Veren laktaattipitoisuuden arvoja voidaan käyttää myös arvioidessa laktaatin vaikutusta koehenkilön fyysiseen suorituskyykyyn ja kestävyYTEEN. Veren laktaattipitoisuuden muutokset toimivat hyvänä referenssinä, kun analysoidaan ja arvioidaan veren laktaatin aiheuttamaa vaikutusta lihakseen ja sitä kautta lihaskestävyyteen ja fyysiseen suorituskyykyyn sekä kestävyYTEEN. Fyysistä kuormittavuutta arvioitiin käyttämällä Borgin laatimalla subjektiivisen rasittuneisuuden asteikkoa (6-20.) Tämän lisäksi jokaiseen tehtävärastiin käytetty aika sekä kenttäkokeeseen käytetty kokonaisaika kirjattiin ylös. Koehenkilöt ohjeistettiin suorittamaan hyökkäystehtävä mahdollisimman tilanteenmukaisesti. Etenemisen aikana ase on oltava käyttövalmiina ja esteiden ylityksen aikana se saa olla tilapäisesti siirrettynä esim. oikealle kyljelle. Koehenkilöt ohjeistettiin etenemään lähtöasemasta tavoitteeseen, johon heidän oli säilytettävä taistelukykyänsä ja kyettävä tuhoamaan rynnäkkökiväärillä erikoiskoisia maaleja mahdollisimman nopeasti. Eteneminen rakennuksen ulkopuolella suoritettiin pururadan maastossa ja etenemistä rakennukseen ja rakennuksen sisätiloissa simuloitiin Santahaminan esteradan esteiden avulla.

Ensimmäisessä vaiheessa (kuva 15) koehenkilöt kävelivät Santahaminan pururadalla noin 300 metriä, jonka jälkeen juoksivat noin 54 metriä. Tällä pyrittiin kuvaamaan sotilaan toimintaa ajoneuvosta jalkautumisen jälkeen, aina rakennukseen tunkeutumiseen saakka. Ensimmäinen vaihe sisälsi kävelyä, juoksua, kiipeämistä tikkaita pitkin ylös ja alas, hyppimistä esteiden yli, ryömimistä, tasapainoilua ja kiipeämistä esteen yli. Ensimmäisen vaiheen kokonaispituus mitauspisteelle saakka oli noin 533 metriä. Suorituksen tavoitteena oli kuvata rakennuksen ulkopuolella ja rakennuksen sisätiloissa tapahtuvaa fyysistä toimintaa.



Lähtöasema



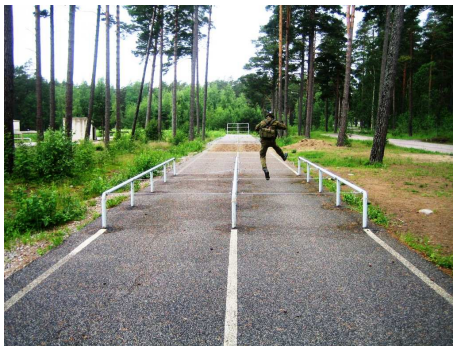
Eteneminen jalan



Tikaspuut ylös ja alas



Kaksoispuomen ylitys



Loikat vajereiden yli



Ryömintäeste



Pystypuomen ylitys

Kuva 15. Kenttäkokeen ensimmäinen vaihe.

Ensimmäisen vaihe päättyi mittauspisteelle, jossa kirjattiin ylös vaiheeseen käytetty aika, koehenkilöiltä otettiin verinäyte, sydämen sykearvo ja lisäksi koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan kunkin mittaushetken kuormituksen fyysistä rasittavuutta. Koehenkilöitä pyydettiin kiinnittämään testin aikana huomiota siihen, kuinka raskaaksi hän kokee kuormitustason eri vaiheiden jälkeen. Koehenkilöt ohjeistettiin olemaan keskittymättä yksittäisiin tekijöihin, kuten jalkojen väsymiseen tai hengitykseen. Kuormituksen rasittavuutta koehenkilöt arvioivat osoittamalla RPE-taulukosta (6-20) numeroa, joka parhaiten kuvaa sen hetkistä koetun kuormituksen tasoa. Koehenkilöiden määrittämä numeerinen arvio perustui yleiseen rasittuneisuuden tuntemukseen. Koehenkilöitä pyydettiin ali- tai yliarvioimatta kuormittuneisuuden tuntemusta. Vaiheen mittausten jälkeen koehenkilöt siirtyivät samaa käskettyä reittiä ensimmäisen vaiheen viimeisimmän esteen ylityspaikan jälkeiseen alastulopaikkaan, josta toisen vaiheen suoritus jatkui (kuva 16.)



Tasapainopuomi



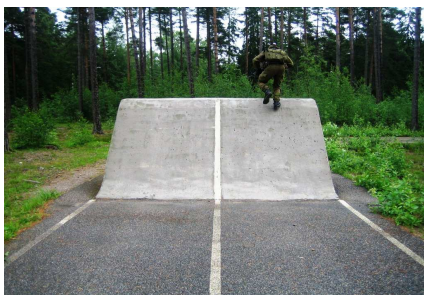
Puomen yli, ali, yli ja ali



Tunnelin läpi



Kaksoispuomen ylitys ja alitus



Betoniesteen ylitys

Kuva 16. Kenttäkokeen toinen vaihe.

Toisen vaiheen kokonaispituus mittauspisteeltä mittauspisteelle oli noin 332 metriä. Toinen vaihe päättyi mittauspisteelle, jossa kirjattiin ylös vaiheeseen käytetty aika, koehenkilöiltä otettiin verinäyte, sydämen sykearvo ja lisäksi koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan kunkin mittaushetken kuormituksen fyysistä rasittavuutta. Kuormituksen arviointiin käytettiin Borgin asteikkoa (6-20.) Vaiheen mittauksen jälkeen koehenkilöt siirtyivät samaa käskettyä reittiä edellisen vaiheen viimeisimmän esteen ylityspaikan jälkeiseen alastulopaikkaan, josta kolmannen vaiheen suoritus jatkui (kuva 17.)



Betoniseinän ylitys



Tikaspuut ylös ja alas



Betoniseinän ylitys



Tasapainopuomi



Labyrintti



Kolme betoniesteen ylitys

Kuva 17. Kenttäkokeen kolmas vaihe.

Kolmannen vaiheen kokonaispituus oli noin 325 metriä. Kolmas vaihe päättyi mittauspisteelle, jossa kirjattiin ylös suoritukseen käytetty aika, koehenkilöiltä otettiin verinäyte, sydämen sykearvo ja lisäksi koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan kunkin mittaushetken kuormituksen fyysistä rasittavuutta. Kuormituksen arviointiin käytettiin Borgin asteikkoa (6-20.) Kolmannen vaiheen mittausten jälkeen koehenkilöt jatkoivat välittömästi neljännen vaiheen (kuva 18) suorittamista.

Neljäs vaihe (kuva 18) sisälsi juoksemista, haavoittuneen taistelijaparin evakuoimista ns. palomies kanto-otteella. Kanto-ote opetettiin koulutettaville ennen kenttäkoetta. Evakuoitavan potilaana toimi henkilö, joka painoi noin 73 kg: a. Koehenkilöiden täytyi kantaa evakuoitavaa taistelijaa noin 50 metriä. Välittömästi evakuoinnin jälkeen koehenkilöille suoritettiin mittaustoimenpiteet. Neljännen vaiheen kokonaispituus oli noin 290 metriä. Sykkeen-, laktaatin- ja subjektiivisen kuormittuneisuuden mittausten jälkeen koehenkilöillä oli kolme minuuttia aikaa seuraavaan mittaukseen. Mittausten välissä koehenkilöt suorittivat rynnäkkökivääriammunnan. Koehenkilö siirtyi noin 15 metrin etäisyydellä olevalle ampumapaikalle, jossa ammunta suoritettiin. Koehenkilöiden tehtävänä oli, merkin saatuaan, tuhota kaksislaukauksella noin 12 metrin etäisyydellä olevia erikokoisia maaleja mahdollisimman nopeasti ja mahdollisimman tarkasti. Tehtävärastin tarkoituksena oli simuloida taistelijan toimintaa tuliasemassa, aseenkäsittelytaitoa ja osumatarkkuutta fyysisesti rasittuneessa tilassa. Sama ammunta toteutettiin kolme kertaa.



Eteneminen tavoitteeseen jatkuu



Tst-parin evakuointi (50 m)



Koehenkilö mittauspisteellä



Toiminta tavoitteessa

Kuva 18. Kenttäkokeen neljäs vaihe.

Kenttäkokeeseen käytetty kokonaisaika kirjattiin ylös. Viimeisten mittauksien (+ 3 minuuttia ja + 6 minuuttia) tarkoituksena oli selvittää koehenkilöiden elimistön fysiologinen tila simulaatiohyökkäyksen jälkeen, lyhytaikaisen levon vaikutus palautumiseen fyysisestä rasituksesta sekä koehenkilöiden fyysisen rasituksen tila ja kyky jatkaa fyysisistä taistelutoimintaa.

6.5 Tilastolliset menetelmät

Kaikki laboratorio- ja kenttämittausten lukuarvot täytettiin lomakkeisiin, joiden tiedot siirrettiin Windows-ohjelmistoon, jossa ne siirrettiin Excel-tiedostoon. Käytettävät tilastolliset menetelmät olivat keskiarvo, keskihajonta ja parillinen T-testi. Muuttujia verrattiin kenttäkokeessa toisiinsa, joka mittausvaiheen jälkeen sykkeen, laktaatin ja RPE:n osalta. Tilastollisten analyysien suorittaminen tapahtui SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 15.0-ohjelman avulla. Mittausten väliseen vertailuun käytettiin toistomittausten ANOVA (ANalysis Of VAriance). Varianssianalyysin avulla testataan, ovatko keskiarvojen erot ryhmien välillä tarpeeksi suuria vai onko liian suuri riski, että erot johtuvat sattumasta (Heikkilä 2004, 225). Muuttujien välisiä riippuvuuksia tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Tilastollisen merkitsevyyden kuvaamiseksi on käytetty tähtisymbolia seuraavasti: lä-

hes merkitsevä * $0.01 < p \leq 0.05$, merkitsevä: ** $0.001 < p \leq 0.01$ ja erittäin merkitsevä: *** $p \leq 0.001$.

7. TULOKSET

7.1 Liikunta- ja terveyskäyttäytyminen

Liikunta- ja terveyskäyttäytymiskyselyn mukaan neljä koehenkilöä ilmoitti aina eläneensä niin terveellisesti viimeksi kuluneen vuoden aikana, ettei ole ollut tarvetta muuttaa liikunnan määrää terveydellisten syiden takia. Kuusi vastaajaa ilmoitti lisänneensä liikunnan määrää viimeksi kuluneen vuoden aikana. Yksi vastaaja ilmoitti yrittäneensä muuttaa liikuntatottumuksia, mutta ei ole onnistunut. Yksi koehenkilö ei ole vielä muuttanut liikuntatottumuksia, mutta aikoi muuttaa niitä lähiaikoina.

Neljännes koehenkilöistä harrasti viimeisen kolmen kuukauden aikana vapaa-aikana ainakin neljä kertaa viikossa sellaista fyysistä rasitusta aiheuttanutta ripeää ja reipasta liikuntaa, joka on kestänyt kerrallaan vähintään 20 minuuttia. Puolet koehenkilöistä ilmoitti harrastaneensa viimeisen kolmen kuukauden aikana vapaa-aikana kolme kertaa viikossa sellaista fyysistä rasitusta aiheuttanutta ripeää ja reipasta liikuntaa, joka on kestänyt kerrallaan vähintään 20 minuuttia. 25 % koehenkilöistä ilmoitti harrastaneensa vapaa-aikanaan, viimeisen kolmen kuukauden aikana, alle kolme kertaa viikossa sellaista fyysistä rasitusta aiheuttanutta ripeää, reipasta tai rauhallista liikuntaa, joka on kestänyt kerrallaan vähintään 20 minuuttia.

Seitsemän koehenkilöä ilmoitti viimeisimmän koulutodistuksensa liikunnan numerokseen kymmenen. Kolme koehenkilöä ilmoitti liikunnan arvosanakseen yhdeksän ja kaksi koehenkilöä ilmoitti liikunnan numerokseen kahdeksan. Seitsemän koehenkilöä arvioi vapaa-ajan liikunnan määrän vähentyneen viimeksi kuluneen kolmen kuukauden aikana, verrattuna sitä edeltävään aikaan. Kolmen vastaajan mielestä vapaa-ajan liikunnan määrässä ei ole tapahtunut olennaisia muutoksia. Kahden vastaajan kohdalla liikunnan määrä on lisääntynyt viimeksi kuluneen kolmen kuukauden aikana, verrattuna sitä edeltävään aikaan.

Koehenkilöistä yksitoista ilmoitti, ettei ole koskaan tupakoinut säännöllisesti ja yksi koehenkilöistä ilmoitti lopettaneensa säännöllisen tupakoinnin yli kuusi kuukautta sitten. Yksi koehenkilöistä ilmoitti käyttäneensä päivittäin nuuskaa. Alkoholin käyttöön liittyvässä kysymyksessä neljä koehenkilöä ei ole ajatellut vähentää alkoholin käyttöä lähiaikoina. Tähän vastaus-

ryhmään kuuluneet koehenkilöt käyttivät keskimäärin 12.5 annosta alkoholia viikossa (esim. 1 annos = 4 cl väkeviä). Seitsemän koehenkilöä ilmoitti aina eläneensä niin terveellisesti, ettei ole ollut tarvetta muutoksiin alkoholin käytössä. He käyttivät keskimäärin noin 3.4 alkoholiannosta viikossa. Yksi koehenkilö ei ole vielä vähentänyt alkoholin käyttöä, mutta aikoi vähentää lähiaikoina.

Ikätovereihinsa verrattuna yksitoista koehenkilöä ilmoitti terveydentilansa hyväksi tai erittäin hyväksi ja yksi koehenkilöistä ilmoitti terveydentilansa olevan yhtä hyvä, verrattuna ikätovereihinsa. Kahdeksan koehenkilöä arvioi fyysisen kuntonsa tällä hetkellä verrattuna ikätovereihinsa olevan jonkin verran parempi. Kaksi vastaajaa arvioi fyysisen kunnan olevan yhtä hyvä, verrattuna ikätovereihinsa. Yksi koehenkilö arvioi fyysisen kuntonsa olevan huomattavasti parempi verrattuna ikätovereihinsa. Yhden vastaajan mielestä oma fyysinen kunto oli jonkin verran huonompi verrattuna ikätovereihinsa.

7.2 Maksimivoima

Maksimaalisissa voimamittauksissa saatiin seuraavat tulokset (taulukko 2) puristusvoima 550 ± 90 N, penkkipunnerrus 1050 ± 310 N, selkälihakset 1020 ± 170 N, vatsalihakset 790 ± 190 N, jalkalihakset 2020 ± 380 N, staattinen hyppy 31 ± 5 cm, kevennyshyppy 35 ± 6 cm.

Taulukko 2. Maksimivoimat ja vertikaalihyppy eri tilanteissa.

Muuttuja	N	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Puristusvoima (N)	12	360	710	550	90
Penkkipunnerrus (N)	12	510	1680	1050	310
Selkälihakset (N)	12	750	1290	1020	170
Vatsalihakset (N)	12	490	1060	790	190
Jalkaprässi (N)	12	1150	2690	2020	380
Staattinen hyppy (cm)	12	23	38	31	5
Kevennyshyppy (cm)	12	28	47	35	6

7.3 Maksimaalinen hapenottokyky, syke ja veren laktaatti

Maksimaalisessa hapenottokykytestin tulokset on esitetty taulukossa 3. Koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) oli 51.4 ± 2.9 ml/kg/min, maksimisyke 198 ± 8 lyöntiä/min ja maksimilaktaattiarvo 12.0 ± 1.4 mmol/l.

Taulukko 3. Maksimaalisen hapenottokykytestin tulokset.

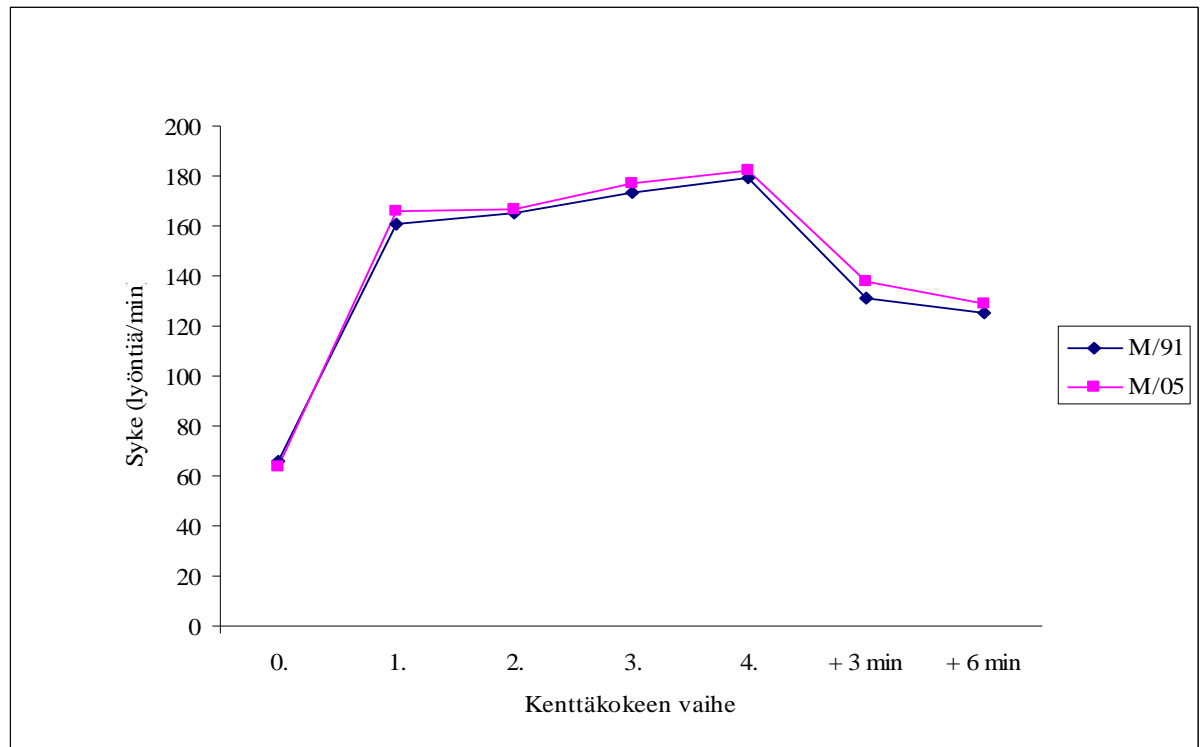
Muuttuja	N	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
Aerobinen (syke)	12	153	176	165	7
Aerobinen (laktaatti)	12	2.2	3.8	2.9	0.6
Anaerobinen (syke)	12	167	190	182	6
Anaerobinen (laktaatti)	12	4.0	6.0	4.7	0.8
Leposyke (lyöntiä/min)	12	39	56	46	5
Maksimisyke (lyöntiä/min)	12	185	208	198	8
Maksimilaktaatti (mmol/l)	12	9.2	14.4	12.0	1.4
VO_{2max} (ml/kg/min)	12	46.2	56.2	51.4	2.9

7.4 Kenttäkokeen tulokset

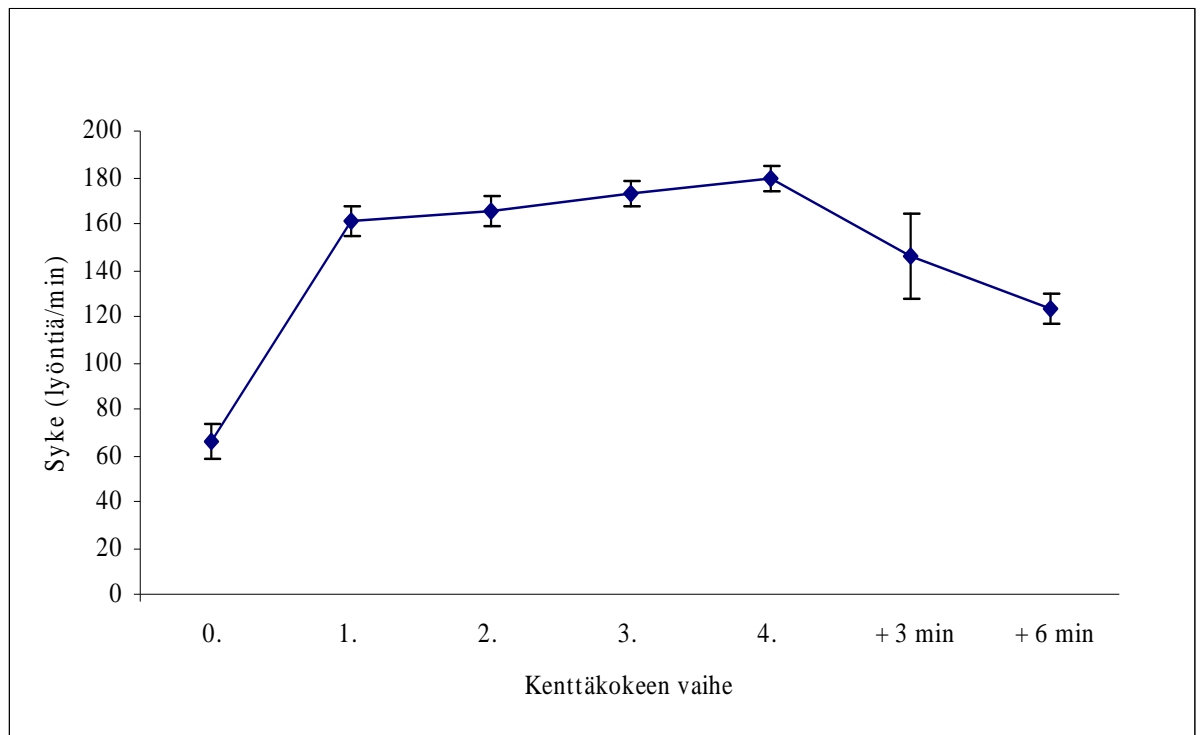
7.4.1 Sydämen syketaajuuden muutokset

Sydämen syketaajuuksien muutoksissa (kuva 19) ei havaittu taisteluvälineiden välillä tilastollisesti merkitseviä eroja kenttäkokeen eri vaiheissa. Koehenkilöiden sydämen sykkeen keskiarvot (\pm SD) kenttäkokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Alkutilanne (m/91 66 ± 16 vs. m/05 64 ± 13 lyöntiä/min, $p = 0.75$), vaihe 1 (m/91 161 ± 13 vs. m/05 166 ± 10 lyöntiä/min, $p = 0.10$), vaihe 2 (m/91 165 ± 13 vs. m/05 167 ± 12 lyöntiä/min, $p = 0.71$), vaihe 3 (m/91 173 ± 11 vs. m/05 177 ± 9 lyöntiä/min, $p = 0.08$), vaihe 4 (m/91 179 ± 11 vs. m/05 182 ± 7 lyöntiä/min, $p = 0.31$), 3 minuuttia (m/91 131 ± 36 vs. m/05 138 ± 12 lyöntiä/min, $p = 0.21$) ja 6 minuuttia (m/91 125 ± 13 vs. m/05 129 ± 10 lyöntiä/min, $p = 0.25$). Koko kenttäkokeessa koehenkilöiden keskimääräinen syke oli (m/91 159 ± 10 vs. m/05 162 ± 8 lyöntiä/min.)

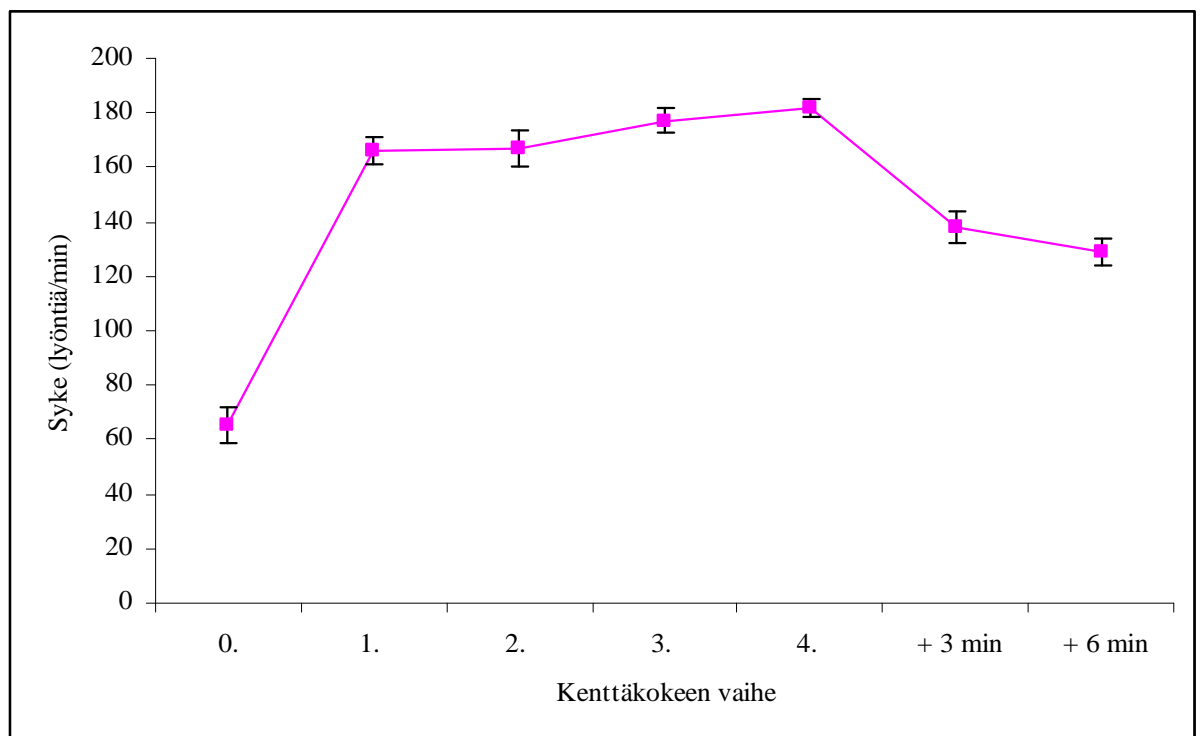
Ensimmäisessä vaiheessa m/91 varustuksen kanssa suoritettussa kenttäkokeessa syke korreloi tilastollisesti merkitsevästi m/05 varustuksen kanssa suoritettavan kenttäkokeen sykkeen kanssa $r = 0.67$, $p = 0.02$, toisessa vaiheessa $r = 0.35$, $p = 0.26$, kolmannessa vaiheessa $r = 0.74$, $p = 0.01$ ja neljännessä vaiheessa $r = 0.62$, $p = 0.03$. Sydämen syke kasvoi lineaarisesti, molemmilla varustuksilla, kenttäkokeen alkutilanteesta aina hyökkäysvaiheen neljänteen mittaukseseen. Koehenkilöiden sykekeskiarvot sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa on esitetty kuvissa 20 ja 21.



Kuva 19. Sydämen keskimääräinen syke kenttäkokeen aikana käytettäessä kahta erilaista taisteluvärustusta.

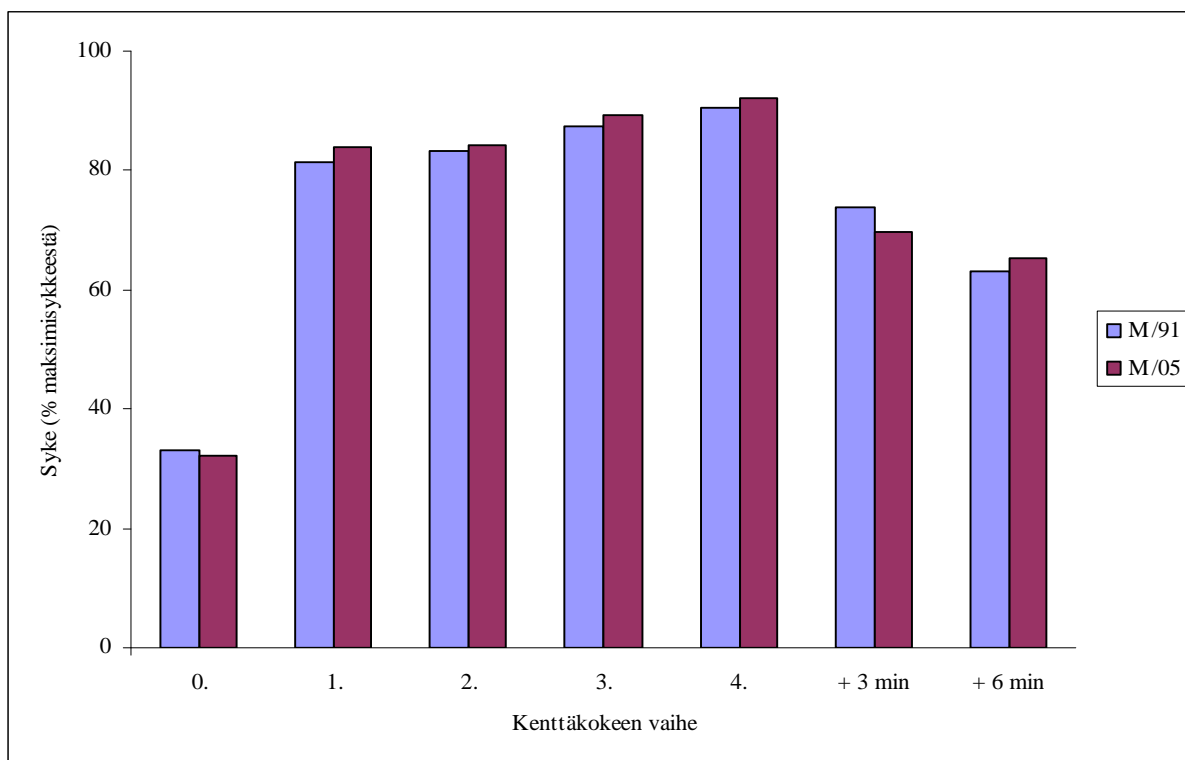


Kuva 20. Koehenkilöiden syke keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvastus m/91.)



Kuva 21. Koehenkilöiden syke keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvastus m/05.)

Sykekeskiarvojen prosenttiosuudet (\pm SD) juoksumattotestin maksimisykekeskiarvosta kenttäkokeen aikana on esitetty kuvassa 22. Ne vaihtelivat 63 % ja 92 %:n välillä.



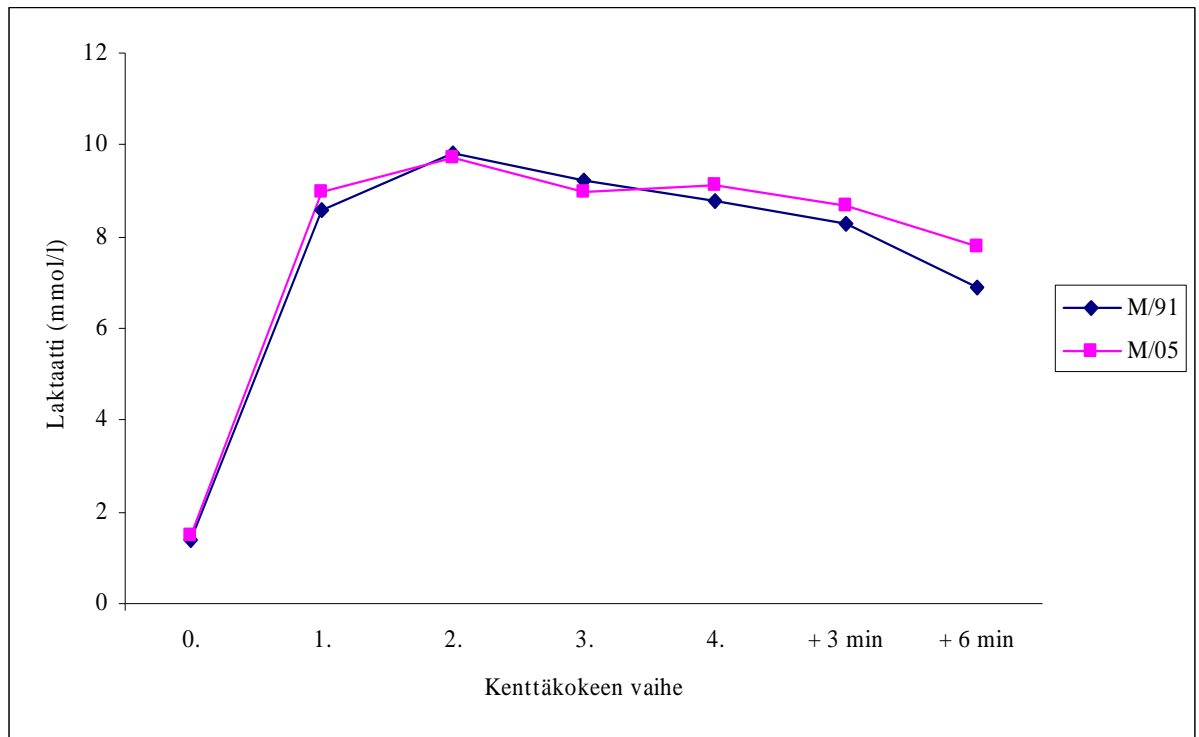
Kuva 22. Sykkeen osuus maksimisykkeestä kenttäkokeen eri vaiheissa.

7.4.2 Veren laktaattipitoisuuden muutokset

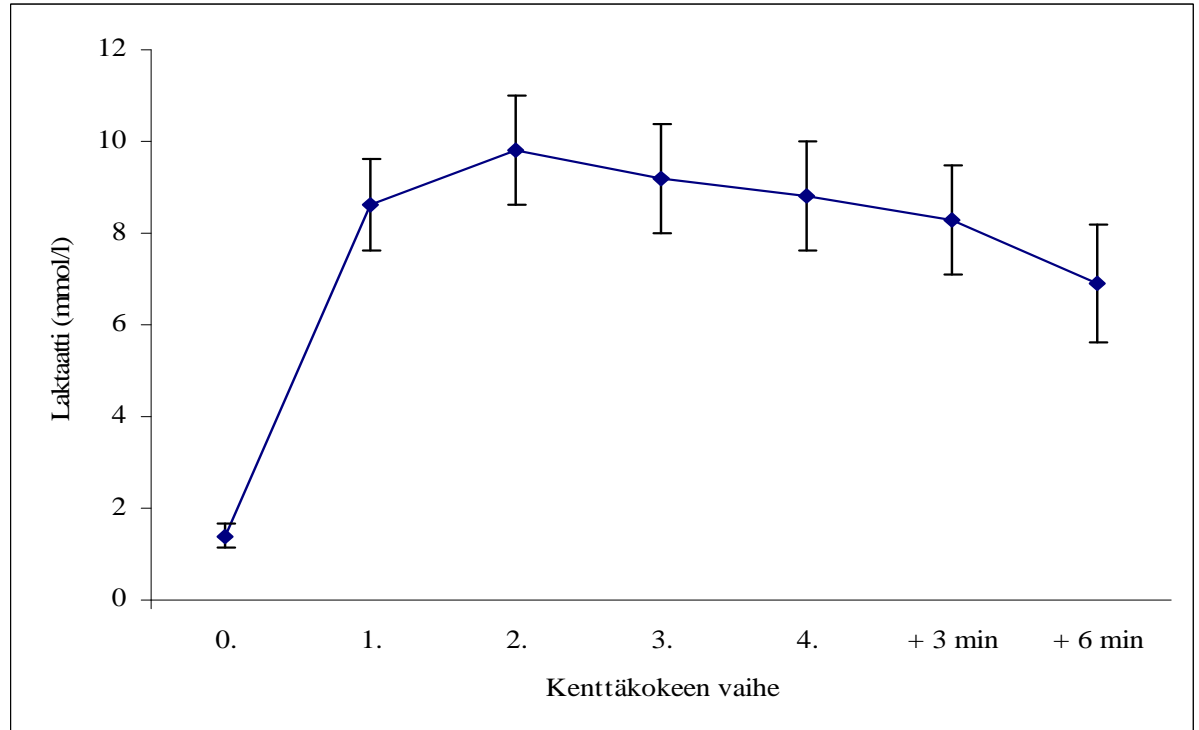
Veren laktaattipitoisuuden muutoksissa (kuva 23) ei havaittu taisteluvarustuksien välillä kenttäkokeen kokonaistuloksissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Koehenkilöiden veren laktaattiarvojen keskiarvot (\pm SD) kenttäkokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Alkutilanne (m/91 1.4 ± 0.5 vs. m/05 1.5 ± 0.5 mmol/l, $p = 0.45$), vaihe 1 (m/91 8.6 ± 1.9 vs. m/05 9.0 ± 2.2 mmol/l, $p = 0.70$), vaihe 2 (m/91 9.8 ± 2.4 vs. m/05 9.7 ± 3.2 mmol/l, $p = 0.93$), vaihe 3 (m/91 9.2 ± 2.3 vs. m/05 9.0 ± 3.3 mmol/l, $p = 0.75$), vaihe 4 (m/91 8.8 ± 2.3 vs. m/05 9.1 ± 3.4 mmol/l, $p = 0.76$), 3 minuuttia (m/91 8.3 ± 2.3 vs. m/05 8.7 ± 3.4 mmol/l, $p = 0.57$) ja 6 minuuttia (m/91 6.9 ± 2.6 vs. m/05 7.8 ± 3.1 mmol/l, $p = 0.30$). Koko kenttäkokeessa koehenkilöiden keskimääräinen veren laktaattipitoisuus oli (m/91 8.6 ± 2.3 vs. m/05 8.8 ± 3.1 mmol/l.)

Veren laktaattipitoisuuksien korrelaatiot ja niiden merkitsevyydet m/91 ja m/05 varusteiden välillä kokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Ensimmäisessä vaiheessa $r = 0.05$, $p = 0.88$, toisessa vaiheessa $r = 0.55$, $p = 0.07$, kolmannessa vaiheessa $r = 0.55$, $p = 0.07$ ja neljännessä

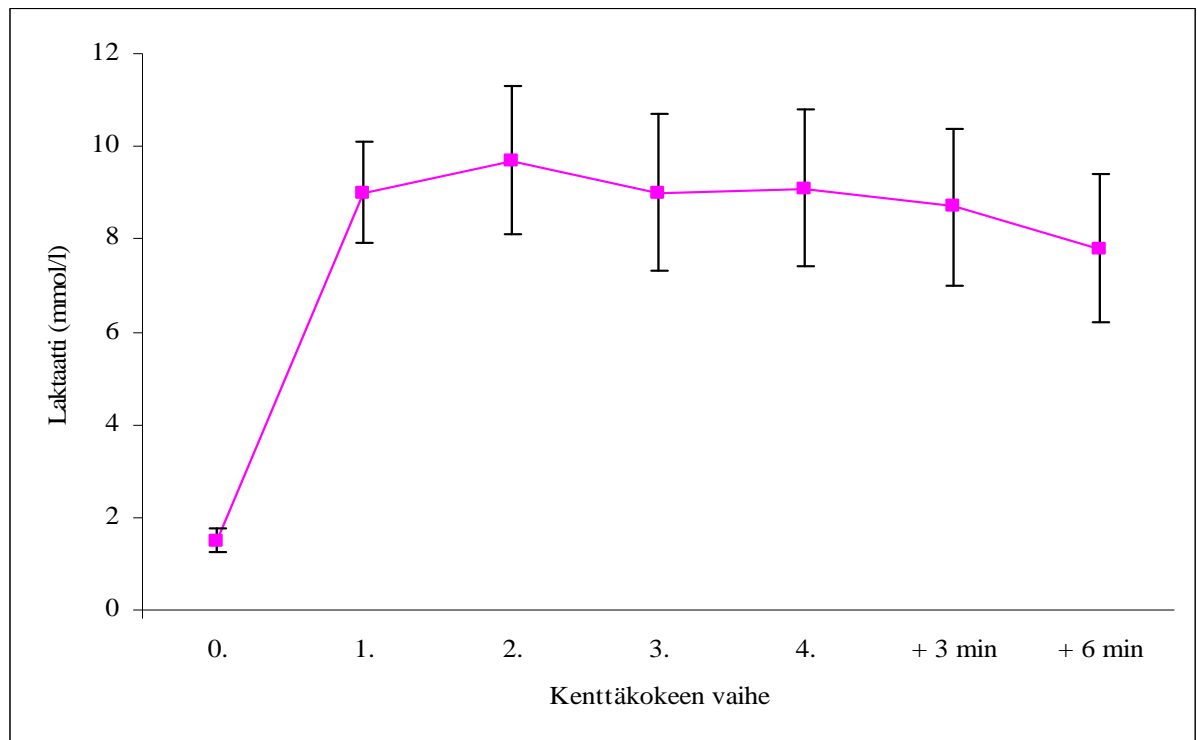
vaiheessa $r = 0.52$, $p = 0.09$. Koehenkilöiden veren laktaattipitoisuus keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa on esitetty kuvissa 24 ja 25.



Kuva 23. Keskimääräiset laktaattiarvojen muutokset kenttäkokeen aikana käytettäessä kahta erilaista taisteluvälinettä.

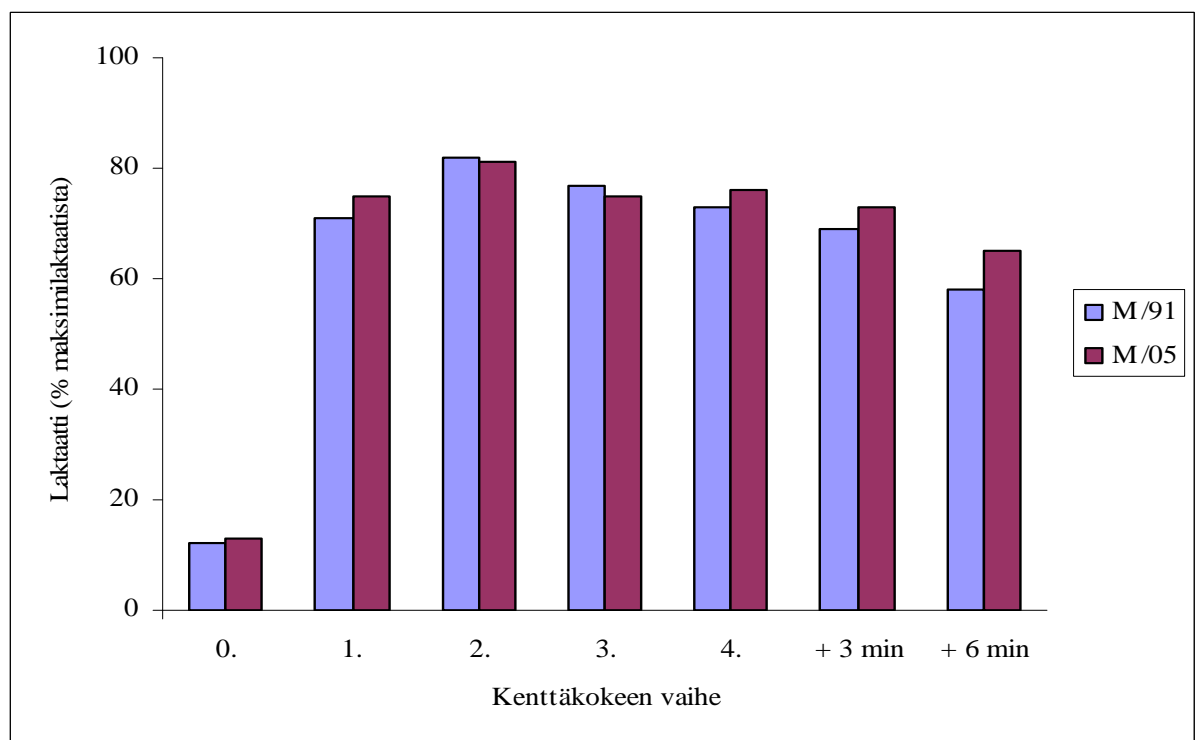


Kuva 24. Koehenkilöiden veren laktaattiarvot keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvälinettä m/91.)



Kuva 25. Koehenkilöiden veren laktaattiarvot keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluväline m/05.)

Veren laktaattipitoisuuden prosenttiosuudet (\pm SD) juoksumattotestin maksimilaktaattikeskiarvosta kenttäkokeen aikana on esitetty kuvassa 26. Ne vaihtelivat 58 % ja 82 %:n välillä.



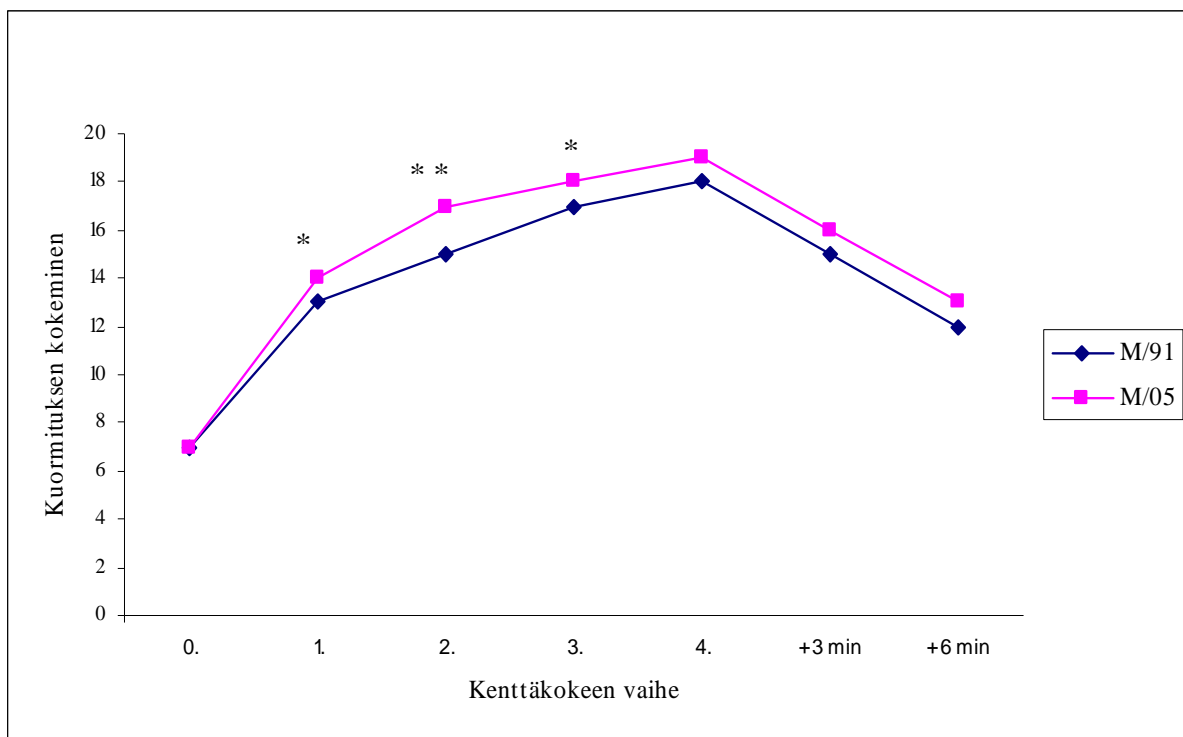
Kuva 26. Veren suhteellinen laktaattipitoisuus kenttäkokeen eri vaiheissa.

7.4.3 Subjektiiivinen kuormittuneisuuden kokeminen

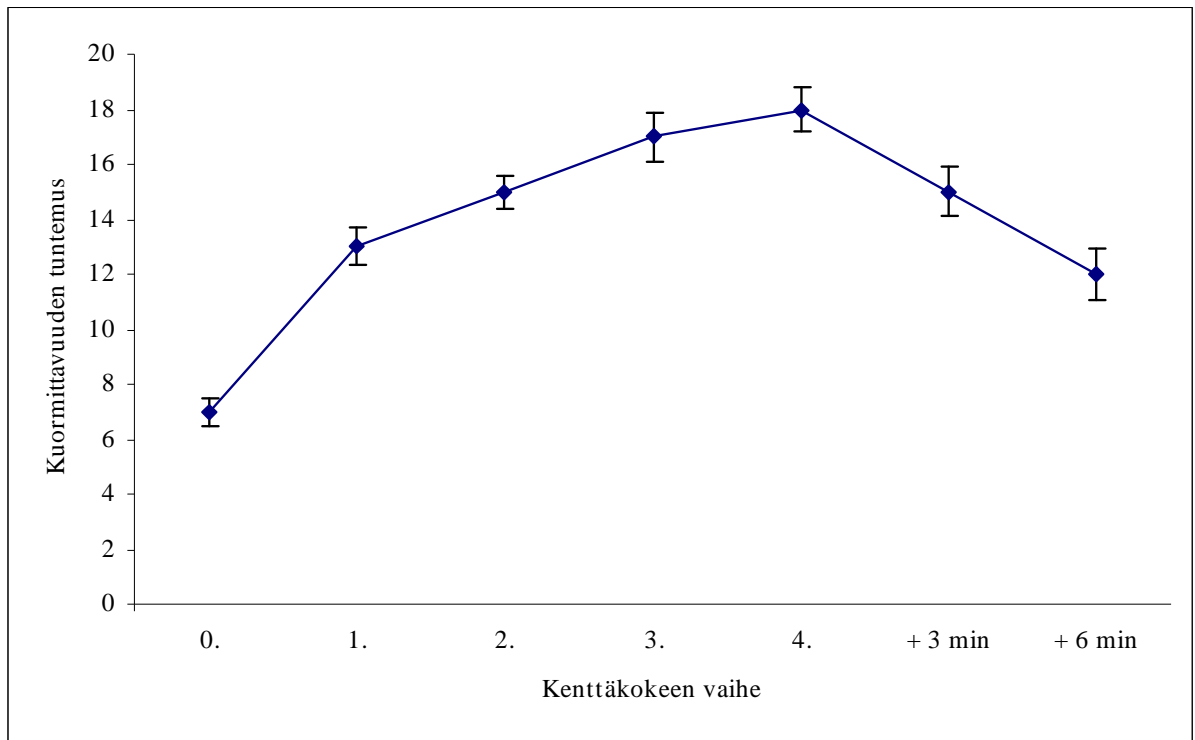
Subjektiiivisen kuormittuneisuuden tuntemuksissa (kuva 27) havaittiin taisteluvarustuksien välillä kenttäkokeen kokonaistuloksissa tilastollisesti lähes merkitseviä eroja ($p < 0.05$.) Kenttäkokeen vaiheessa kaksi havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0.01$.)

Koehenkilöiden subjektiiivisen kuormittuneisuuden tuntemuksien keskiarvot (\pm SD) kenttäkokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Alkutilanne (m/91 7 ± 1 vs. m/05 7 ± 1 , $p = 0.34$), vaihe 1 (m/91 13 ± 1 vs. m/05 14 ± 1 , $p = 0.04$), vaihe 2 (m/91 15 ± 1 vs. m/05 17 ± 1 , $p = 0.00$), vaihe 3 (m/91 17 ± 2 vs. m/05 18 ± 1 , $p = 0.03$), vaihe 4 (m/91 18 ± 2 vs. m/05 19 ± 1 , $p = 0.06$), 3 minuuttia (m/91 15 ± 2 vs. m/05 16 ± 2 , $p = 0.12$) ja 6 minuuttia (m/91 12 ± 2 vs. m/05 13 ± 2 , $p = 0.07$). Koko kenttäkokeessa koehenkilöiden keskimääräinen subjektiiivisen kuormittuneisuuden tuntemus oli (m/91 15 ± 1 ja m/05 16 ± 1 .)

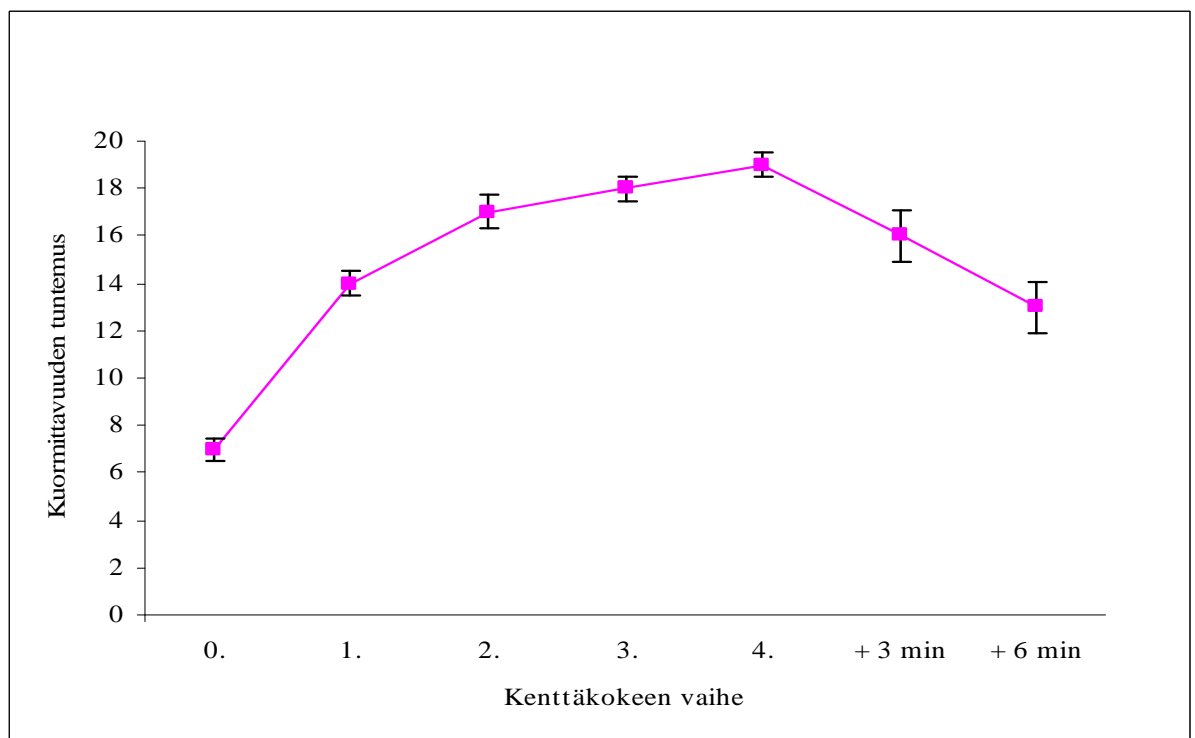
Subjektiiivisen kuormittuneisuuden korrelaatiot ja niiden merkitsevyydet varusteiden välillä kokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Ensimmäisessä vaiheessa $r = 0.06$, $p = 0.86$, toisessa vaiheessa $r = -0.14$, $p = 0.66$, kolmannessa vaiheessa $r = -0.25$, $p = 0.43$ ja neljännessä vaiheessa $r = -0.27$, $p = 0.40$. Koehenkilöiden subjektiiivisen kuormittuneisuuden tuntemukset keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa on esitetty kuvissa 28 ja 29.



Kuva 27. Subjektiiivisen kuormituksen kokeminen kenttäkokeen eri vaiheissa.



Kuva 28. Koehenkilöiden subjektiivisen kuormittuneisuuden tuntemukset keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvävarustus m/91.)

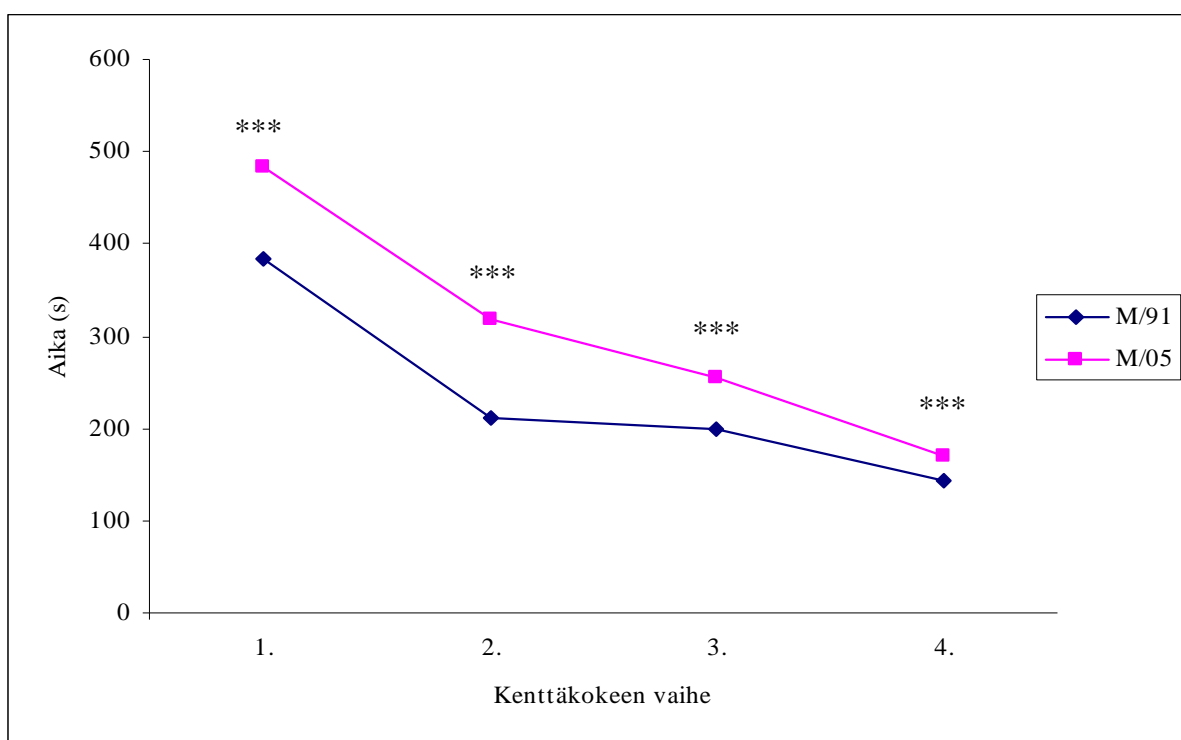


Kuva 29. Koehenkilöiden subjektiivisen kuormittuneisuuden tuntemukset keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvävarustus m/05.)

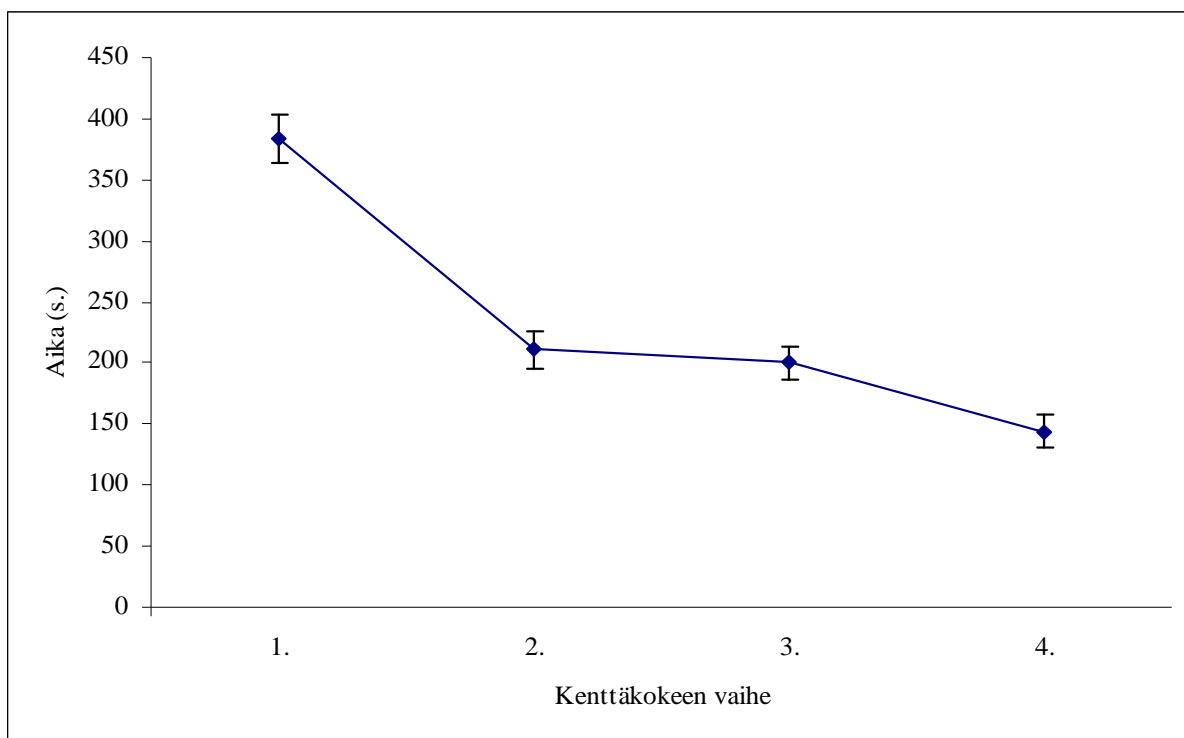
7.4.4 Kantolaitteen vaikutus suoritus aikaan

Kenttäkokeen suoritusajoissa kahden eripainoisen taisteluvälikkeen kanssa suoritettussa kenttäkokeessa (kuva 30) havaittiin tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ($p < 0.001$.) Koehenkilöiden suoritusajojen keskiarvot (\pm SD) kenttäkokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Vaihe 1 (m/91 384 ± 39 vs. m/05 484 ± 90 sekuntia, $p = 0.000$), vaihe 2 (m/91 211 ± 30 vs. m/05 319 ± 76 sekuntia, $p = 0.000$), vaihe 3 (m/91 200 ± 28 vs. m/05 254 ± 40 sekuntia, $p = 0.000$), vaihe 4 (m/91 144 ± 27 ja m/05 171 ± 28 , $p = 0.001$.) Koko kenttäkokeen keskimääräinen suoritus aika oli (m/91 1509 ± 126 ja m/05 1798 ± 233 sekuntia.)

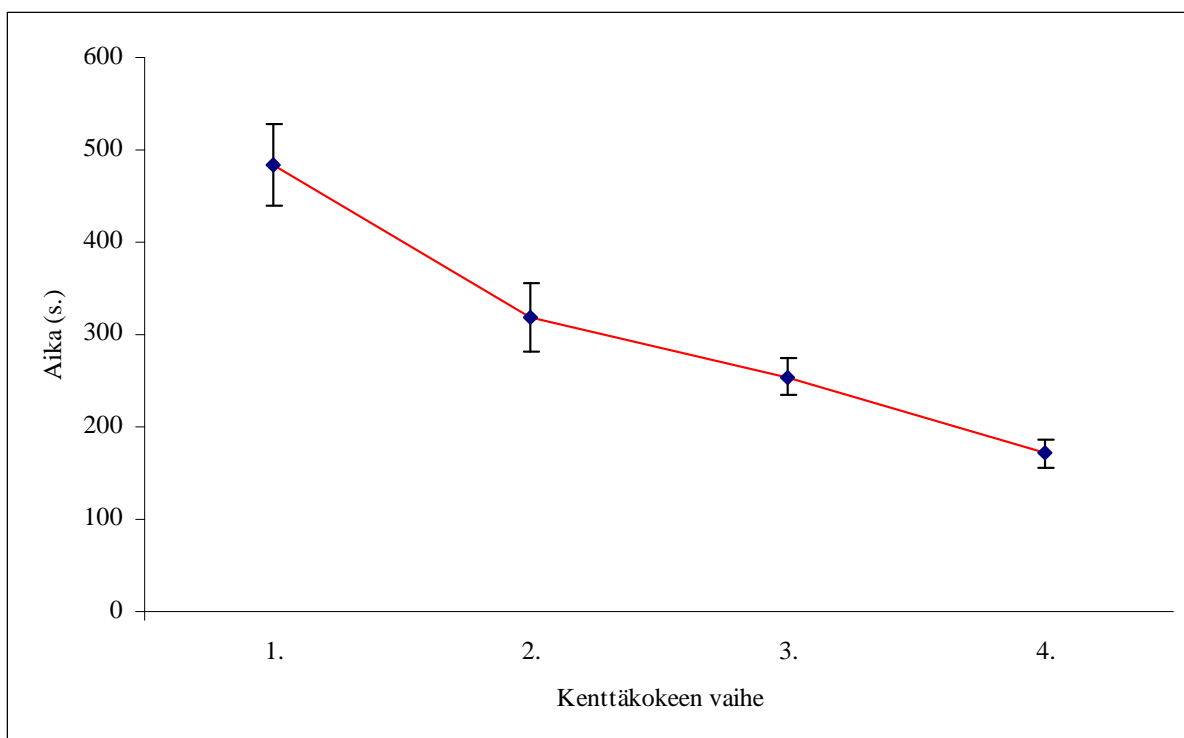
Korrelaatiot ja niiden merkitsevyydet välikkeiden välillä kokeen eri vaiheissa olivat seuraavat: Ensimmäisessä vaiheessa $r = 0.73$, $p = 0.01$, toisessa vaiheessa $r = 0.81$, $p = 0.00$, kolmannessa vaiheessa $r = 0.84$, $p = 0.00$ ja neljännessä vaiheessa $r = 0.71$, $p = 0.01$. Koehenkilöiden käyttämät suoritusajat keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa on esitetty kuvissa 31 ja 32.



Kuva 30. Kantolaitteen vaikutus suoritus aikaan kenttäkokeen eri vaiheissa.



Kuva 31. Koehenkilöiden suoritus aika keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvarustus m/91.)



Kuva 32. Koehenkilöiden suoritus aika keskiarvoina sekä hajonnat kenttäkokeen eri vaiheissa (taisteluvarustus m/05.)

7.5 Palautuminen kenttäkokeen aiheuttamasta fyysisestä rasituksesta

Kolme minuuttia ja kuusi minuuttia kenttäkokeen viimeisen mittauksen jälkeen koehenkilöiden sydämen syke, veren laktaattipitoisuus ja subjektiivisen kuormittuneisuuden arvot kirjattiin ylös. Tavoitteena oli tarkastella eripainoisen taisteluvärustuksen massan aiheuttamaan kuormittavuutta palautumiseen liittyen. Palautumisvaiheiden mittausten välissä koehenkilöt suorittivat lähiammunnan rynnäkkökiväärillä. Ampumapaikka sijaitsi noin 15 metrin päässä mittauspisteeltä. Pääosin palautuminen oli passiivista. (Koehenkilöt istuivat pääosan palautumisajasta mittauspisteellä.) Palautumisvaiheiden tulokset olivat seuraavat: 3 minuuttia (syke m/91 131 ± 36 vs. m/05 138 ± 12 lyöntiä/min, laktaattiarvot m/91 8.3 ± 2.3 vs m/05 8.7 ± 3.4 mmol/l, kuormittuneisuuden kokeminen m/91 15 ± 2 vs. 16 ± 2). 6 minuuttia (syke m/91 125 ± 13 vs. m/05 129 ± 10 lyöntiä/min, laktaattiarvot m/91 6.9 ± 2.6 vs. m/05 7.8 ± 3.1 mmol/l, kuormittuneisuuden kokeminen m/91 12 ± 2 vs. 13 ± 2 .) Palautumissykkeiden tai veren laktaattipitoisuuksien keskiarvoissa ei havaittu taisteluvärustusten välillä 3 tai 6 minuutin jälkeen tilastollisesti merkitseviä eroja. Sykekeskiarvo ja veren laktaattipitoisuus olivat kuitenkin alhaisemmat kevyemmässä värustuksessa suoritettussa (m/91) kenttätestin palautumisvaiheen mittauksissa. Rynnäkkökivääriammunnan osumatarkkuuksien tai suoritusnopeuksien välillä ei havaittu kenttäkokeen aikana värustusten välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Läheisempi tarkastelu jätetään tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

7.6 Koehenkilöiden yksilöllinen vertailu

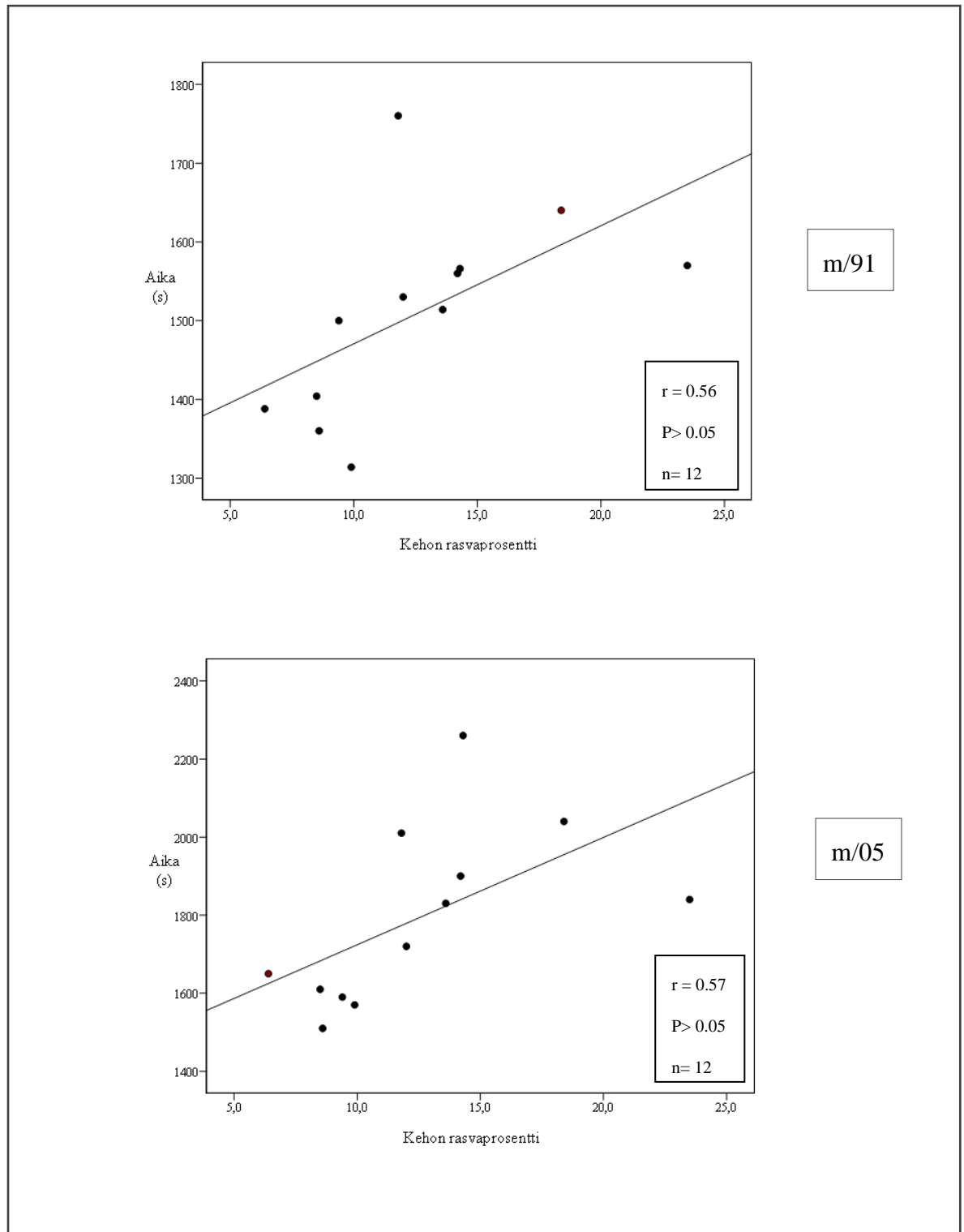
7.6.1 Antropometristen ominaisuuksien vertailu

Taulukossa 4 ilmenee kehon koostumuksien erot niiden koehenkilöryhmien välillä, jotka suorittivat hyväksytysti kenttäkokeen kaikki esteet (kolme koehenkilöä) taisteluvälinevarustuksessa m/05 ja jotka eivät kyenneet suorittamaan hyväksytysti kaikkia esteitä (yhdeksän koehenkilöä). Suurimmat erot olivat kehon rasvaprosentissa (8 % ja 14 %), kehon rasvamassan määrässä (6 kg ja 10 kg).

Taulukko 4. Antropometristen ominaisuuksien vertailu kenttäkokeen suorittamisesta.

Radan kaikki esteet				
Muuttuja	varustuksessa m/05	N	Keskiarvo	Keskihajonta
Pituus (cm)	Kaikki esteet	3	182	2
	Ei suorittanut	9	179	7
Paino (kg)	Kaikki esteet	3	73	3
	Ei suorittanut	9	73	8
BMI	Kaikki esteet	3	22	1
	Ei suorittanut	9	23	2
Kehon rasvaprosentti (%)	Kaikki esteet	3	8	2
	Ei suorittanut	9	14	5
Lihasmassa (kg)	Kaikki esteet	3	38	1
	Ei suorittanut	9	36	5
Rasvamassa (kg)	Kaikki esteet	3	6	1
	Ei suorittanut	9	10	4
Alaraajan pituus (cm)	Kaikki esteet	3	87	1
	Ei suorittanut	9	84	5

Kehon rasvaprosentin ja kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan välillä havaittiin molemmilla varustuksilla positiivinen korrelaatio. (kuva 33 m/91 $r = 0.57$, $p > 0.05$ vs. m/05 $r = 0.56$, $p > 0.05$.) Voidaan todeta, että mitä suurempi kehon rasvaprosentti henkilöllä on, sitä enemmän koehenkilöltä kului aikaa kenttäkokeen suorittamiseen.



Kuva 33. Kehon rasvaprosentin ja kenttäkokeen suoritusajan välinen korrelaatio.

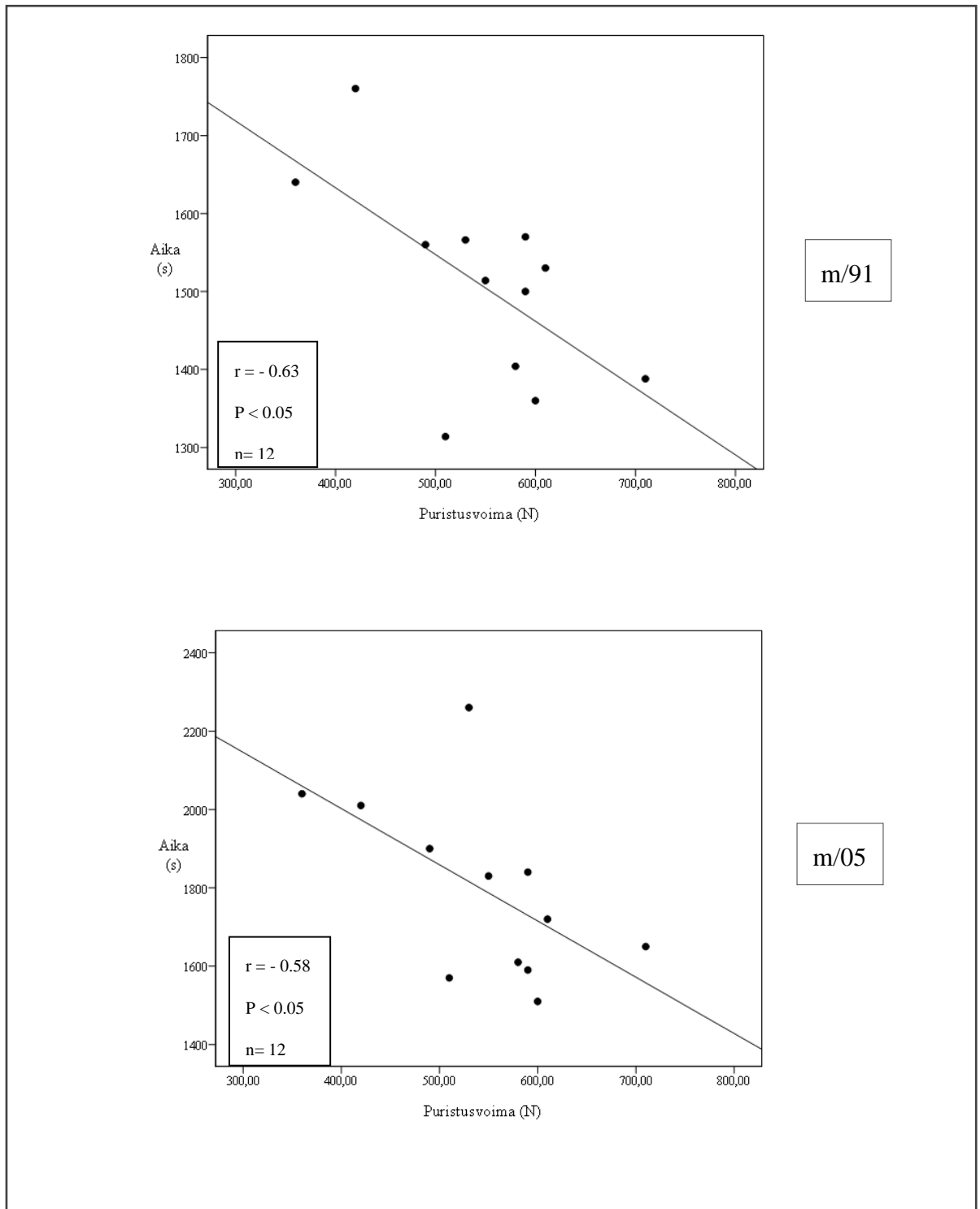
7.6.2 Voimaominaisuuksien vertailu

Kaikki koehenkilöt suorittivat hyväksytysti koko kenttäkokeen taisteluvärustuksessa m/91. Ainoastaan kolme koehenkilöä suoritti koko kenttäkokeen taisteluvärustuksessa m/05. Yhdeksän koehenkilöä ei suorittanut hyväksytysti kolmannen vaiheen kolmatta estettä, betoniseinän ylitys (katso sivu 43, kuva 17.) Taulukko 5 osoittaa, että kenttäkokeen värustuksessa m/05 hyväksytysti suorittaneilla koehenkilöillä oli suuremmat voimaominaisuudet ja parempi maksimaalinen hapenotto kyky verrattuna niihin koehenkilöihin, jotka eivät läpäisseet kenttäkokeen kaikkia esteitä hyväksytysti värustuksessa m/05.

Taulukko 5. Ominaisuuksien vertailu kenttäkokeen suorittamisesta.

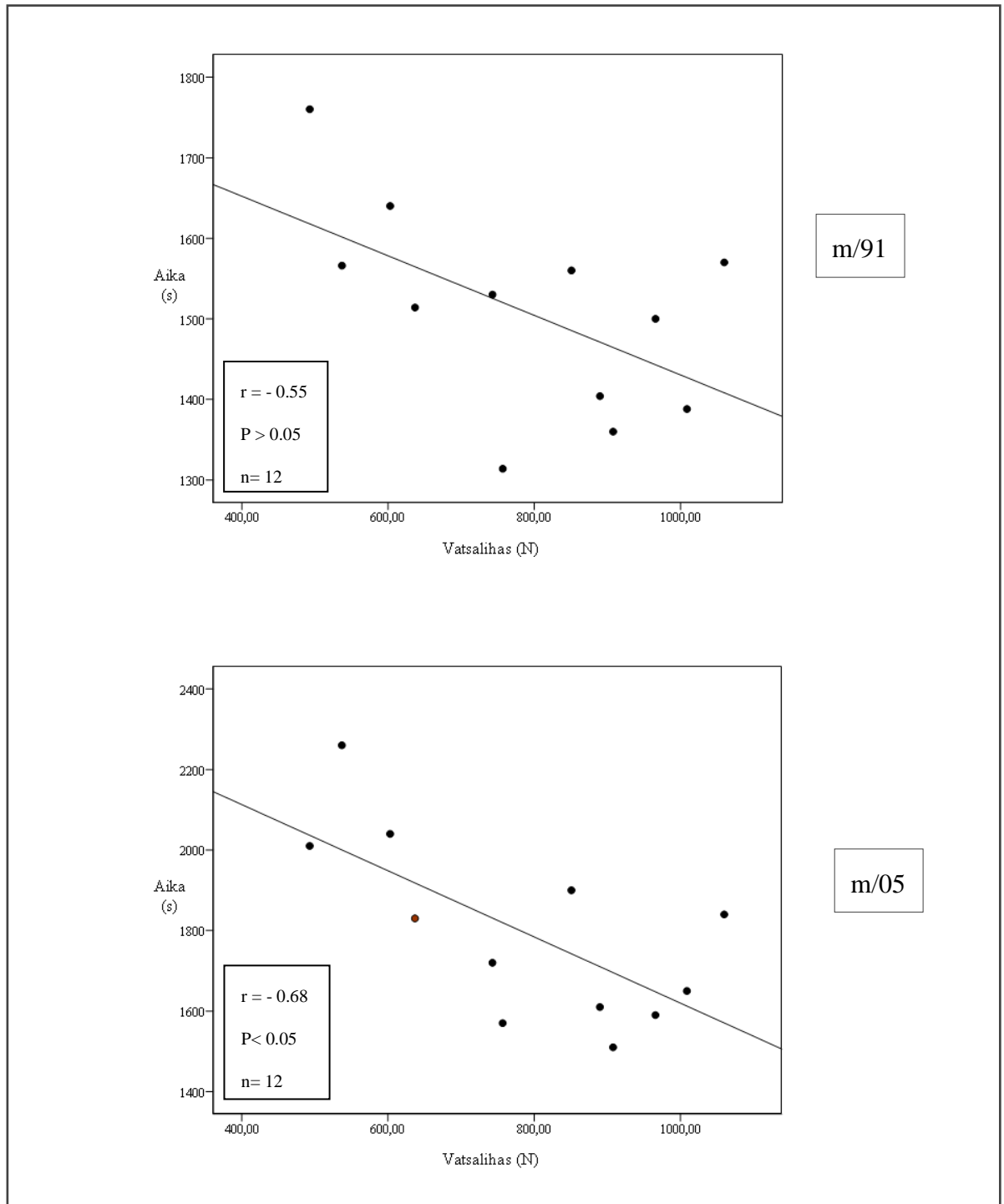
Radan kaikki esteet				
Muuttuja	varustuksessa m/05	N	Keskiarvo	Keskihajonta
Puristusvoima (kg)	Kaikki esteet	3	61	10
	Ei suorittanut	9	52	9
Vatsalihakset (kg)	Kaikki esteet	3	89	13
	Ei suorittanut	9	75	20
Jalkaprässi (kg)	Kaikki esteet	3	222	12
	Ei suorittanut	9	195	42
Staattinen hyppy (cm)	Kaikki esteet	3	36	4
	Ei suorittanut	9	29	5
Kevennyshyppy (cm)	Kaikki esteet	3	39	5
	Ei suorittanut	9	34	6
Maksimisyke (lyöntiä/min)	Kaikki esteet	3	195	9
	Ei suorittanut	9	198	8
Maksimi (laktaatti)	Kaikki esteet	3	12	.52
	Ei suorittanut	9	12	2
VO2 max (ml/kg/min)	Kaikki esteet	3	54	2
	Ei suorittanut	9	50	2

Käden puristusvoiman ja kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan välillä havaittiin negatiiviset korrelaatiot. (kuva 35 m/91 $r = -0.63$, $p < 0.05$ vs. m/05 $r = -0.58$, $p < 0.05$.) Käden puristusvoiman ja kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan välillä havaittiin molempien varustuksien kanssa tilastollisesti lähes merkitsevä riippuvuus.



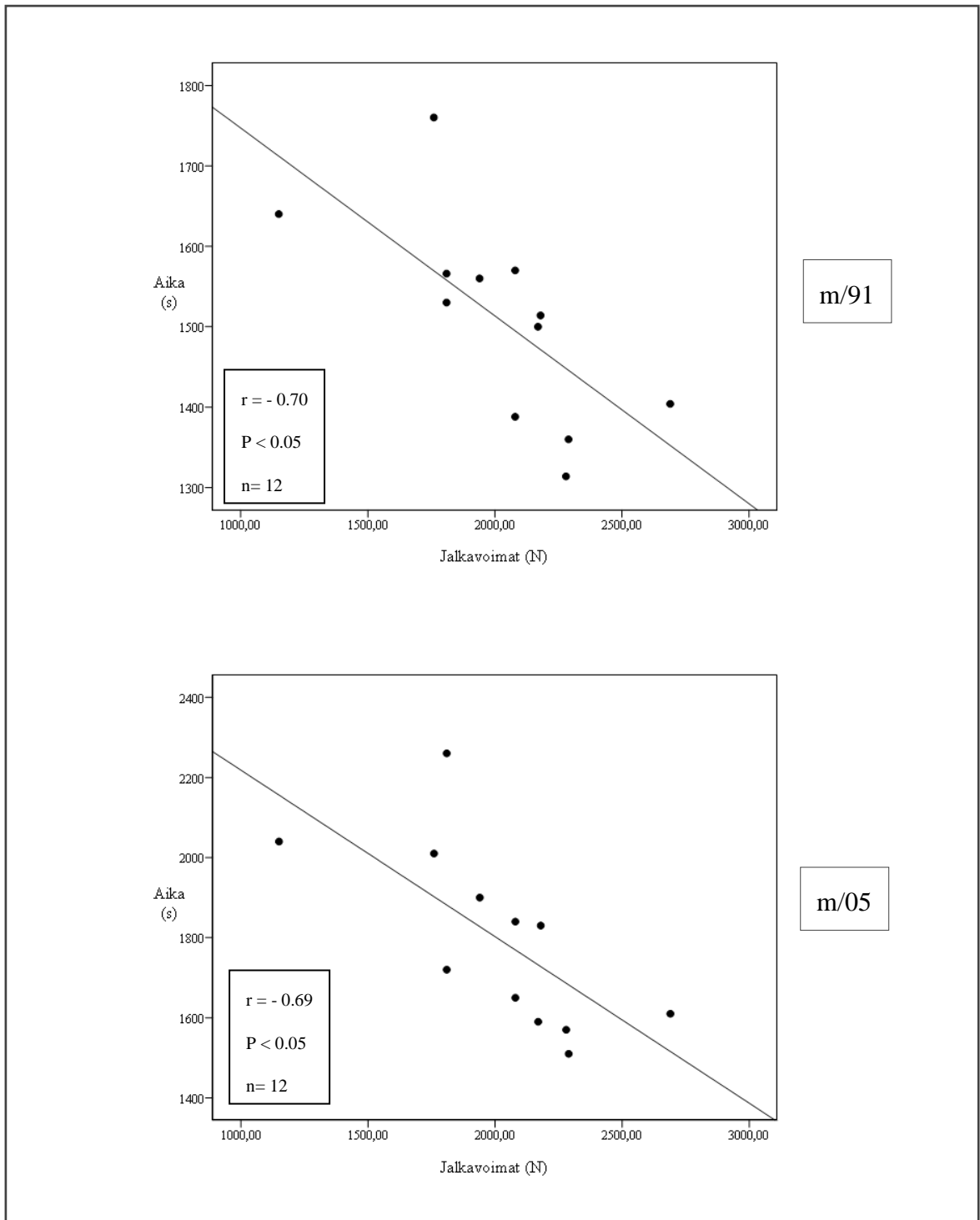
Kuva 35. Käden puristusvoiman ja kenttäkokeen suoritusajan välinen korrelaatio.

Keskivartalon vatsalihasten ja kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan välillä havaittiin negatiivinen korrelaatio. (kuva 36 m/91 $r = -0.55$, $p > 0.05$ vs. m/05 $r = -0.68$, $p < 0.05$.) Raskeamman taakan kanssa suoritettussa kenttäkokeessa vatsalihasten ja kenttäkokeen suoritusajan välillä havaittiin tilastollisesti lähes merkitsevä riippuvuus.



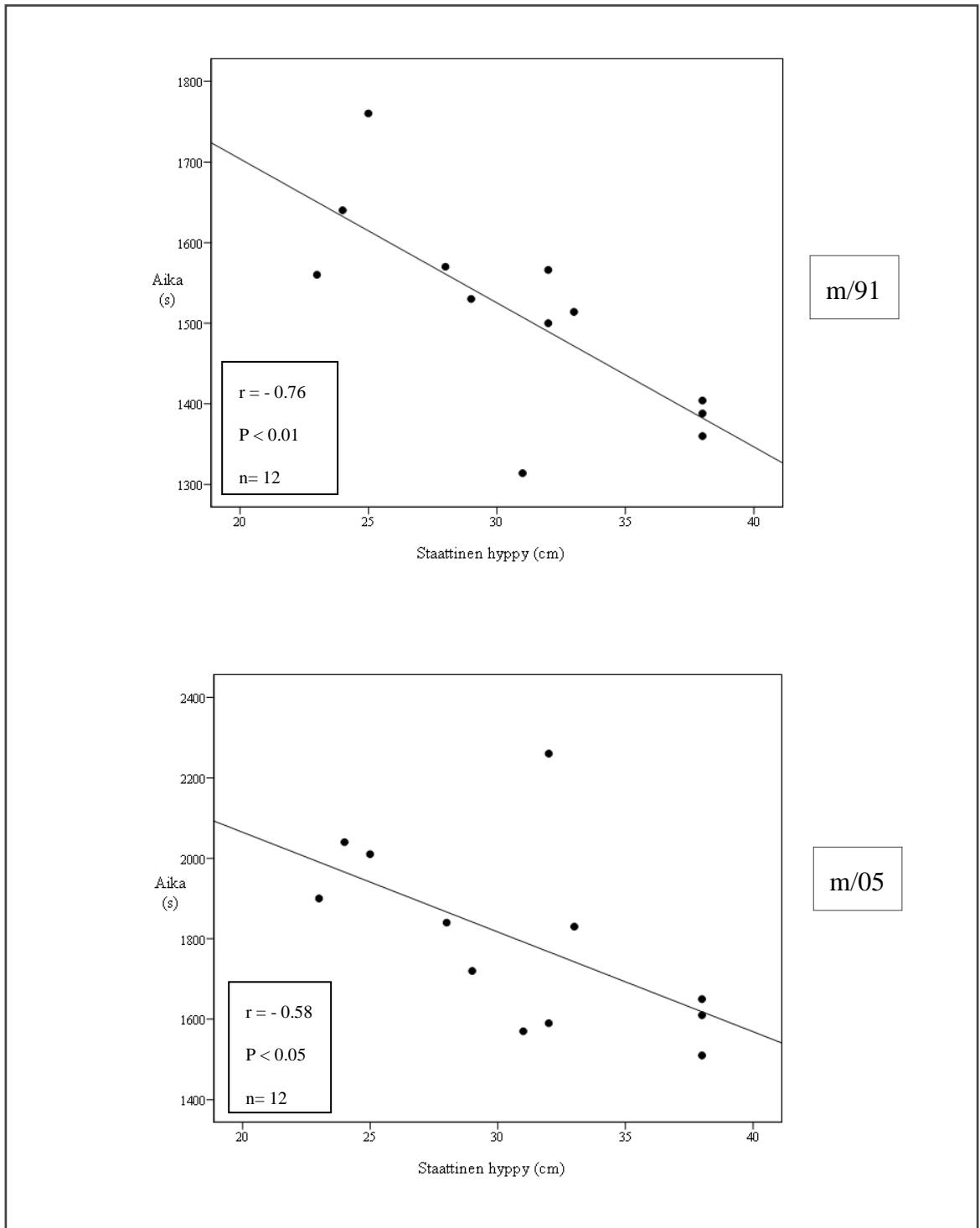
Kuva 36. Vatsalihasten ja kenttäkokeen suoritusajan välinen korrelaatio.

Laboratoriossa mitattujen (jalkaprässi) alaraajojen maksimivoimatason ja kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan välillä havaitaan molemmissa varustuksissa tilastollisesti lähes merkitsevät riippuvuudet. (kuva 37 m/91 $r = -0.70$, $p < 0.05$ vs. m/05 $r = -0.69$, $p < 0.05$.) Koehenkilöiden voimaominaisuuksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja taisteluvärustuksessa m/05 koko kenttäkokeen radan suorittaneilla verrattuna niihin koehenkilöihin, jotka eivät suorittaneet hyväksytysti koko kenttäkoetta taisteluvärustuksessa m/05.



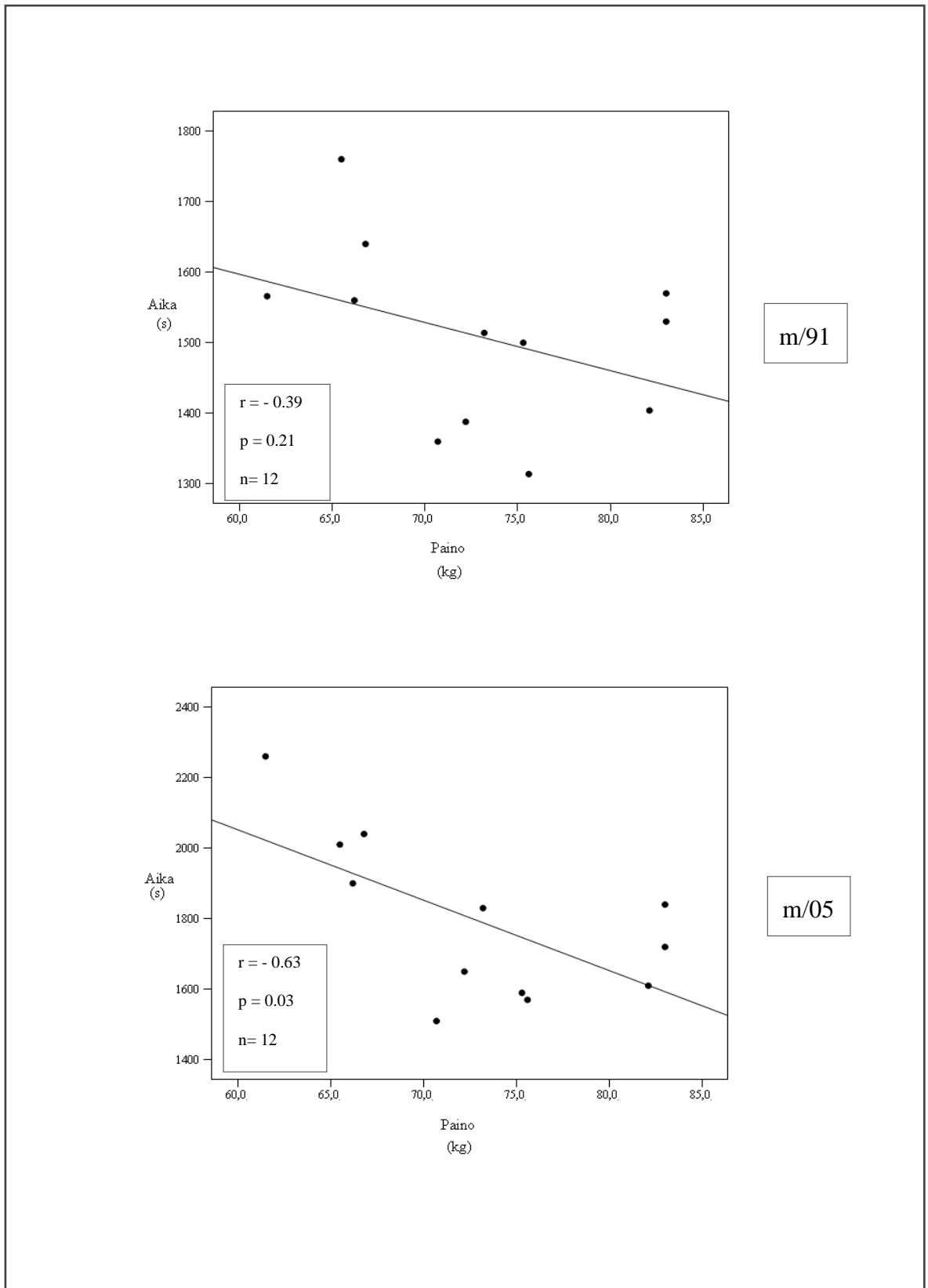
Kuva 37. Jalkavoimien ja kenttäkokeen suoritusajan välinen korrelaatio.

Kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan ja staattisen hypyn ominaisuuksien välillä havaitaan negatiiviset korrelaatiot (kuva 38 m/91 $r = -0.76$, $p < 0.01$ vs. m/05 $r = -0.58$, $p < 0.05$.) Kenttäkokeen suoritusajan ja taisteluvälikorin m/91 välillä havaitaan erittäin vahva korrelaatio, joka tilastollisesti erittäin merkitsevä.



Kuva 38. Alaraajojen nopeusvoiman ja kenttäkokeen suoritusajan välinen korrelaatio.

Kehon painon ja kenttäkokeeseen käytetyn suoritusajan välillä havaittiin seuraavat korrelaatiot: (kuva 39 m/91 $r = -0.39$, $p = 0.21$ vs. m/05 $r = -0.63$, $p = 0.03$.) Kehon massa korreloi vahvemmin raskaamman taakan kanssa suoritettun kenttäkokeen suoritusajan kanssa.



Kuva 39. Kehon painon (kg) ja kenttäkokeen suoritusajan välinen korrelaatio.

8. POHDINTA

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset osoittivat kantolaitteiden massan aiheuttaman fyysisen kuormittavuuden rajoittavan kaupunkijääkäriin hyökkäystoimintaa asutuskeskustaistelutyypissä simulaatiokenttäkokeessa. Kenttäkokeen suoritusajoissa kahden eripainoisen taisteluvärustuksen kanssa suoritettussa kenttäkokeessa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ($p < 0.001$.) Subjekttiivisen kuormituksen kokemisessa havaittiin taisteluvärustusten välillä tilastollisesti lähes merkitseviä eroja. Tutkimuksessa koehenkilöt aistivat raskaamman taakan fyysisen kuormittavuuden ja tietoisesti hidastivat etenemisnopeuttaan, jotta fyysinen toimintakyky säilyisi koko hyökkäystehtävän ajan. Tämä tietoinen etenemisnopeuden hidastaminen raskaammassa värustuksessa aiheutti sen, että fysiologisissa vasteissa (sydämen syke, veren laktaattipitoisuus) ei havaittu värusteiden välillä kenttäkokeiden aikana tilastollisesti merkitseviä eroja.

Kaikki tutkimuksen koehenkilöt suorittivat hyväksytysti kenttäkokeen kevyemmässä värustuksessa. Ainoastaan kolme koehenkilöä suoritti hyväksytysti koko kenttäkokeen raskaammassa värustuksessa. Maksimaalinen hapenottoakyky oli heillä tilastollisesti lähes merkitsevästi parempi ($p = 0.03$) kuin niillä, jotka eivät suorittaneet hyväksytysti koko kenttäkoetta värustuksessa m/05. Vahvimmat korrelaatiot kenttäkokeen suoritusajan ja raskaamman taakan (m/05) välillä havaittiin koehenkilöiden jalkalihasten maksimivoimassa ($r = -0.69$, $p < 0.05$), vatsalihasten maksimivoimassa ($r = -0.68$, $p < 0.05$) ja kehon painossa ($r = -0.63$, $p < 0.05$.)

8.1 Muutokset fysiologisissa vasteissa ja suorituskävyssä

Kenttäkokeen tulosten mukaan henkilökohtaisen taisteluvärustuksen massan kasvaminen 16.8 kg:sta 30.3 kg:n ei aiheuta tilastollisesti merkitseviä eroja sydämen syketaajuudessa tai veren laktaattipitoisuudessa. Tämä saattaa johtua siitä, että molemmilla värustuksilla suoritettussa kenttäkokeessa koehenkilöiden elimistö joutui työskentelemään fysiologisesti suhteellisen korkealla tehoalueella. Toinen vaikuttava tekijä saattaa olla koehenkilöiden hyvä fyysinen kunto ja heidän elimistönsä sopeutuneisuus palveluksen aikana aikaisemmin käytössä olleen kantolaitteen m/05 massan kuormittavuuteen. Taisteluvärustus m/91 saattoi tuntua kohtuullisen kevyeltä, jolloin koehenkilöt tietoisesti etenivät kenttäkokeen aikana huomattavasti nopeammin. Tällöin fyysisen suorituksen intensiteetin noustessa sydämen syke ja veren laktaattipitoisuus nousivat suunnilleen samalle tasolle kuin m/05 värustuksessa suoritettuna kenttäkokeen aikana.

Subjekttiivisen kuormittuneisuuden tuntemuksissa havaittiin kenttäkokeen aikana taisteluvärustusten m/91 ja m/05 välillä tilastollisesti lähes merkitseviä eroja. Kenttäkokeessa koehenkilöiden tehtävänä oli suorittaa hyökkäystehtävä lähtöasemasta tavoitteeseen jalan. Ohjeeksi annettiin, että taisteluvalmius tuli säilyttää koko hyökkäystehtävän ajan ja tavoitteessa oli oltava toimintakykyinen jatkamaan taistelua. Tutkimus osoitti, että koehenkilöt tietoisesti hidastivat etenemisnopeuttaan raskaammassa taisteluvärustuksessa ja näin ollen fysiologisissa vastaisissa (syke ja veren laktaattipitoisuus) ei havaittu värustusten välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Raskaamman taakan aiheuttama fyysinen kuormittavuus ilmeni koehenkilöiden subjektiivisissa tuntemuksissa. Koehenkilöiden antamien havaintojen mukaan m/05 taisteluvärustus tuntui huomattavasti raskaammalta kuin m/91 värustus. Yksi koehenkilöistä koki raskaamman kantolaitteen fyysisen kuormittavuuden niin korkeana, että ei missään nimessä käyttäisi ko. värustekokonaisuutta sodan aikana. Toisaalta koehenkilöt totesivat, että m/05 kantolaitteen mallissa värusteiden sijoittelu on hyvä ja paino on jakautunut tasaisemmin keski- ja ylävartalolle. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että kenttäkokeessa koehenkilöt pystyivät aistimaan fyysisen kuormittavuuden muutokset subjektiivisina tuntemuksina ja osasivat säädellä etenemisnopeuttaan siten, että toimintakyky säilyi koko kenttäkokeen ajan. Painavamman taisteluvärustuksen massan aiheuttama fyysinen kuormittavuus aiheutti tietoisesti hyökkäysnopeuden hidastaminen. Se aiheutti sen, että kenttäkokeen suoritusajoissa kahden eri painoisen taisteluvärustuksen kanssa havaittiin tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ($p < 0.001$).

8.2 Fyysinen kunto, antropometria ja fyysinen toimintakyky

Koehenkilöiden välisissä vertailuissa maksimaalinen hapenottokyky oli tilastollisesti lähes merkitsevästi parempi ($p < 0.05$) m/05 värustuksessa koko kenttäkokeen radan suorittaneilla verrattuna niihin henkilöihin, jotka eivät suorittaneet hyväksytysti koko kenttäkoetta taisteluvärustuksessa m/05. Maksimaalista hapenkulutusta pidetään yleisesti fyysisen suorituskyvyn parhaana yksittäisenä mittarina fyysisen suorituksen keston ollessa muutamasta minuutista puoleen tuntiin. Suurten lihasryhmien työskentelyssä sydämen, verenkierto- ja hengityselimistöjärjestelmien kunto ja toiminta ovat maksimaalisen hapenoton kannalta ratkaisevia. Tässä tutkimuksessa suuret lihasryhmät joutuivat työskentelemään korkealla teholla, varsinkin raskaamman taakan kanssa suoritettuna kenttäkokeessa.

Voimaominaisuuksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että kenttäkokeen raskaammassa värustuksessa hyväksytysti suorittaneilla koehenkilöillä oli laboratoriomittausten perusteella suuremmat voimaominaisuudet yläraajoissa, keskivartalossa ja alaraajoissa verrattuna niihin koe-

henkilöihin, jotka eivät läpäisseet kenttäkokeen kaikkia esteitä hyväksytysti varustuksessa m/05. Kuitenkaan voimaominaisuuksien välillä ei havaittu suoritusryhmien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja. Tutkimustuloksia tukevat useat kansainväliset tutkimukset kehon koostumuksen ja hengityselimistön merkityksestä taakan kantokykyyn. Myös henkilön kehon koostumus ja absoluuttinen aerobinen kestävyys ovat oleellisia tekijöitä, kun arvioidaan raskaan taakan kantamisen yhteydessä suorituskyyä ja kestävyyttä.

Voimaominaisuuksien tai kehon koostumuksen keskiarvoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja niiden koehenkilöiden välillä, jotka suorittivat kenttäkokeen hyväksytysti (kolme henkilöä) varustuksessa m/05 verrattuna niihin koehenkilöihin, jotka eivät suorittaneet sitä hyväksytysti (yhdeksän henkilöä). Tämä johtunee siitä, että kaikki tämän tutkimuksen koehenkilöt olivat kohtuullisen hyvässä fyysisessä kunnossa ja eivätkä poikenneet toisistaan merkitsevästi voimaominaisuuksien osalta. Mikäli tutkimuksen otos olisi ollut suurempi tai koehenkilöiden joukossa olisi ollut keskikuntoisia henkilöitä, olisi tutkimuksessa saattanut löytyä enemmän tilastollisesti merkitseviä eroja koehenkilöiden voimaominaisuuksissa tai antropometrisissä ominaisuuksissa. Voimamittausten keskiarvot olivat parempia koko kenttäkokeen hyväksytysti varustuksessa m/05 suorittaneilla. Tämä saattaa johtua siitä, että voimaominaisuuksien merkitys korostui tämän tutkimuksen kenttäkokeessa. Kenttäkokeessa koehenkilöt joutuivat useasti kiipeämään erikorkuisten esteiden yli. Ylityksissä jouduttiin ensin ponnistamaan, jonka jälkeen käsivoimia hyväksi käyttäen kiivettiin esteen päälle ja hypättiin alas. Kannettavan taakan massan kasvaessa myös voimaominaisuuksien merkitys kasvaa.

Kun verrattiin laboratoriossa juoksumattotestin aikana mitattujen veren maksimilaktaattipitoisuuden keskiarvoja kenttäkokeen aikana saatuihin arvoihin, havaittiin, että hyväksytysti kenttäkokeen varustuksessa m/05 suorittaneiden koehenkilöiden veren laktaattipitoisuus oli korkeampi kenttäkokeen aikana varustuksessa m/05, mutta alhaisempi varustuksessa m/91 suoritettuna kenttäkokeessa. Niiden koehenkilöiden, jotka eivät suorittaneet hyväksytysti koko kenttäkoetta varustuksessa m/05, veren laktaattipitoisuus oli molemmissa kenttäkokeissa alhaisempi kuin juoksumattotestin aikana mitattu laktaattipitoisuus. Tuloksiin saattaa vaikuttaa se, että hyväksytysti kenttäkokeen varustuksessa m/05 suorittaneet henkilöt kykenivät nostamaan fyysisistä suorituskyykapasiteettiaan kenttäkokeessa. Myös psyykkiset tekijät ja mahdollinen kilpailutilanteen muodostaminen saattavat nostaa veren laktaattipitoisuutta.

Koehenkilöiden välillä olevia eroja fysiologisissa ominaisuuksissa voidaan havainnoida tarkastelemalla koehenkilöiden välisiä VO_{2max} -arvoja, laktaattiarvoja ja kenttäkokeen suoritus-aikoja toisiinsa. On huomattavaa, että korkeimman maksimaalisen VO_{2max} -arvon (56.2

ml/kg/min) omaava koehenkilö saavutti kenttäkokeessa korkeimman laktaattiarvon m/91 varustuksessa 14.0 mmol/l ja m/05 varustuksessa viidenneksi korkeimman arvon 12.6mmol/l. Koehenkilö, joka suoritti kenttäkokeen toiseksi nopeimmin varustuksessa m/91 ja nopeimmin taisteluvälikokkeessa m/05, saavutti veren laktaattipitoisuudessa korkeimman arvon varustuksessa m/91 ja viidenneksi korkeimman laktaattiarvon varustuksessa m/05. Toiseksi parhaimman tuloksen VO_{2max} testissä saavuttanut koehenkilö (55.3 ml/kg/min) suoritti nopeimmin kenttäkokeen varustuksessa m/91 ja toiseksi nopeimmin varustuksessa m/05. Toisaalta saattaa olla, että osa koehenkilöistä ei suorittanut kenttäkokeita suurella teholla, vaan fyysisen toimintakyvyn ja taistelukelpoisuutensa säilyttääkseen he tietoisesti hidastivat etenemisnopeuttaan. Tällöin veren laktaattipitoisuuskään heillä ei noussut merkitsevästi.

Kenttäkokeiden jälkeistä palautumista arvioitiin tarkastelemalla koehenkilöiden sydämen sykkeen, veren laktaattipitoisuuksien ja subjektiivisen kuormittuneisuuden tuntemuksien välisiä muutoksia kolme minuuttia ja kuusi minuuttia kenttäkokeen päättymisen jälkeen. Palautumisvaiheiden aikana koehenkilöt suorittivat rynnäkkökivääriammunnan. Palautumissykkeiden tai veren laktaattipitoisuuksien keskiarvoissa ei havaittu taisteluvälikokkeiden välillä 3 tai 6 minuuttia kenttäkokeen jälkeen tilastollisesti merkitseviä eroja. Sykekeskiarvo ja veren laktaattipitoisuus olivat kuitenkin alhaisemmat kevyemmässä varustuksessa suoritettussa (m/91) kenttätestin palautumisvaiheen mittauksissa. Kenttäkokeen palautumisvaiheen mittauksissa veren laktaattipitoisuuksien keskiarvoissa havaittiin ryhmien välillä eroja. Niiden koehenkilöiden, jotka suorittivat koko kenttäkokeen hyväksytysti varustuksessa m/05, veren laktaattipitoisuus oli suurempi molemmissa kenttäkokeissa verrattuna niihin koehenkilöihin, jotka eivät suorittaneet kenttäkokeetta hyväksytysti varustuksessa m/05. 6 minuutin mittauksen jälkeen em. ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti lähes merkitseviä eroja ($p < 0.05$) veren laktaattipitoisuuksissa varustuksessa m/05. Sydämen sykkeen ja veren laktaattipitoisuuksien arvoja tarkasteltaessa voidaan todeta, että koehenkilöiden arvot eivät poikenneet juoksumattotestin ja kenttäkokeen välillä merkitsevästi. Voidaan päätellä, että vaikka koehenkilöt tietoisesti hidastivat etenemisnopeuttaan, silti taisteluvälikokkeiden aiheuttama fysiologinen kuormitus oli kenttäkokeiden aikana suhteellisen suuri.

Koehenkilöiden fyysistä suorituskkyä ja fyysisten voimavarojen reservejä voidaan arvioida tarkastelemalla maksimaalisen hapenottookykytestin (juoksumattotesti) ja kenttäkokeiden syke- ja veren laktaattiarvojen eroja. Maksimaalisen hapenottookykytestin tuloksissa koehenkilöiden sykekeskiarvo oli 198 lyöntiä/min ja veren laktaattipitoisuus 12.0 mmol/l. Kenttäkokeen neljännen vaiheen (ennen ammuntoja) jälkeen vastaavat arvot olivat m/91 varustuksessa 179 lyöntiä/min ja 8.8 mmol/l; m/05 varustuksessa 182 lyöntiä/min ja 9.1 mmol/l. Simuloidun

hyökkäysradan ja kantolaitteiden fyysinen kuormittavuus oli koehenkilöille niin suuri, että fyysiset voimavarat olivat vähissä ja hyökkäystehtävän jatkaminen välittömästi neljännen vaiheen jälkeen ei olisi ollut tarkoituksenmukaista.

Palautumisvaiheiden mittauksissa syke- ja veren laktaattiarvot olivat seuraavat: 3 minuuttia kenttäkokeen neljännen vaiheen jälkeen (palautuminen oli pääosin passiivista pl. rynnäkkökivääriammunta 15 metriä mittauspisteestä.) m/91 varustuksessa syke 131 lyöntiä/min ja veren laktaattipitoisuus 8.3 mmol/l. m/05 varustuksessa syke 138 lyöntiä/min ja verenlaktaattipitoisuus 8.7 mmol/l. 6 minuuttia kenttäkokeen neljännen vaiheen jälkeen (palautuminen oli pääosin passiivista pl. rynnäkkökivääriammunta 15 metriä mittauspisteestä.) m/91 varustuksessa syke 125 lyöntiä/min ja veren laktaattipitoisuus 6.9 mmol/l. m/05 varustuksessa syke 129 lyöntiä/min ja verenlaktaattipitoisuus 7.8 mmol/l. Palautumisvaiheiden aikana sykkeen lasku oli nopeampaa, kuin veren laktaattipitoisuuden lasku. Erot saattavat johtua osaltaan siitä, että palautuminen oli passiivista (laktaatin poistuminen hitaampaa) ja veren laktaattipitoisuus on yleensä korkeimmillaan noin 2 minuutin kuluttua kuormituksen päättymisestä. Intervallityyppisen asutuskeskustaisteluympäristössä suoritettun hyökkäystaistelun ja kantolaitteen massan aiheuttaman fyysisen kuormittavuuden sekä fyysisen suorituskyvyn ja toimintakyvyn säilyttäminen taistelukentällä vaatii riittävän pitkän palautumisen

Tutkimuksen veren laktaattipitoisuuksien tuloksia arvioitaessa on hyvin vaikeaa määritellä kuinka paljon tuloksiin vaikuttavat koehenkilön työskentelevän lihasmassan määrä, lihaksen solukoostumus tai yksilöön vaikuttavat psyykkiset tekijät. Tämän tutkimuksen kenttäkokeessa koehenkilöiden palautuminen oli pääosin passiivista, joka osaltaan saattoi vaikuttaa negatiivisesti palautumisnopeuteen. Aktiivisen vakioteholla suoritettun palautumisen avulla, joka suoritetaan noin 35 % teholla VO_{2max} :sta, voidaan nopeuttaa laktaatin poistumista elimistöstä. (Dodd ym. 1984.) Palautuminen ja sitä nopeuttavat toiminnot fyysisen rasituksen aiheuttamasta kuormituksesta on otettava huomioon kaupunkijääkärien tehtävätaktiikassa ja toiminnassa hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella.

Kaupunkijääkärien taisteluvälineiden m/05 massan aiheuttama fyysinen kuormittavuus hidastaa merkittävästi yksittäisen sotilaan etenemisnopeutta taistelukentällä. Hyökkäystaistelu asutuskeskuksissa on nopeatempoista ja fyysisesti kuormittavaa. Taistelukentällä menestyminen vaatii sotilailta mm. tulivoimaa, suojaa sirpaleilta ja vihollisen käsiaseiden tulelta sekä nopeaa liikettä. Onko meillä mahdollisuus luopua etenemistä hidastavasta ja fyysisesti kuormittavasta ballistisesta suojasta (luotisuojaliivi) vai olisiko tarkoituksenmukaisempaa pohtia kaupunkijääkärirykmenttien palvelukseen astuvien sotilaiden valintaa, kaupunkijääkäreille asetettuja

fyysisiä vaatimuksia, liikuntakoulutuksen rakennetta tai jopa tehtäväaktiikan ja tehtäväkohtaisen varustuksen määrittämistä.

Säännöllisen fyysisen harjoittelun avulla joka sisältää aerobista harjoittelua, voimaharjoittelua sekä jalkamarssisuorituksia voidaan parantaa taakan kantokykyä ja fyysistä kestävyyttä. Jalkamarssit tulee suorittaa vähintään kaksi kertaa kuukaudessa ja marssin pituutta sekä kannettavan taakan massaa tulee kasvattaa nousujohteisesti. (Knapik ym. 2004.)

8.3 Tulosten luotettavuus, yleistettävyys ja merkitys

Tutkimuksessa käytettiin sekä kotimaisia että ulkomaisia tutkimuslähteitä. Osa lähteistä oli kansainvälisesti tunnettujen asiantuntijoiden tutkimuksia ja tutkimusraportteja. Kotimaiset tutkimuslähteet koostuivat liikunta-alan asiantuntijoiden laatimista tutkimusraporteista ja muista julkaisuista. Ulkomaiset lähteet koostuivat kansainvälisistä tutkimuksista kantolaitteiden vaikutuksesta fysiologisiin muutuksiin ja fyysiseen suorituskyykyyn. Osa kansainvälisistä julkaisuista käsitteli myös elimistön energia - aineenvaihduntaa ja elimistön kuormittumista.

Mittauksen luotettavuudella tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta. Muuttuisivatko tutkimuksen tulokset, mikäli sama tutkimus toistettaisiin samoilla mittausmenetelmillä useaan kertaan (Metsämuuronen 2003, 42 - 45)? Tutkimuksen koehenkilöt suorittivat yhden kerran maksimaalisen hapenottokyvyn testin, maksimaalisen voimamittaukset sekä simuloidun kenttäkokeen molemmissa taisteluvälineissä. Laboratoriotestit suoritettiin Hämeen Rykmentin Urheilukoulun testiasemalla. Laboratoriomittausten kannalta oli ensiarvoisen tärkeää laadukkaiden mittausolosuhteiden ja mittausvälineiden käyttö. Urheilukoulun testiaseman tarjoamat puitteet ja ammattitaitoinen henkilöstö olivat tutkimusten suorittamisen onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeitä. Aineiston tilastollisen analyysin luotettavuutta pyrittiin parantamaan henkilökohtaisilla tapaamisilla henkilön kanssa, joka tuntee hyvin tilastomatemaattiset menetelmät. Tutkimuksen otosjoukon valinnassa 12 koehenkilön otosta voidaan pitää kohtuullisen kattavana luotettavien keskiarvojen, tilastollisten merkitsevyyksien ja korrelaatioiden saamiseksi.

Kenttäkokeen luotettavuuden arvioinnissa tulee ottaa esille muutama seikka, jolla saattaa olla vaikutusta kenttäkokeen tuloksiin. Kenttätesti ei ollut luonteeltaan maksimaalinen, sillä koehenkilöiden tehtävänä oli edetä mahdollisimman tilanteen mukaisesti säilyttäen taisteluvalmius ja heidän oli oltava tavoitteessa toimintakykyinen. Tämän johdosta he säätelivät itse sub-

jektiivisten tuntemuksien perusteella oman etenemisnopeutensa kenttäkokeen aikana. Kanto-laitteiden fyysistä kuormittavuutta ja koehenkilöiden fyysisten ominaisuuksien merkitystä olisi ehkä voitu vertailla lähemmin, mikäli koehenkilöt olisivat joutuneet suorittamaan etene-misen kenttäkokeessa samaa vauhtia.

Noin viikkoa ennen varsinaista kenttäkoetta koehenkilöille näytettiin esteiden ylitystekniikat ja he harjoittelivat tekniikoita johdetusti kahden tunnin ajan. Tutkijalla ei ollut mahdollista vaikuttaa siihen, kuinka paljon koehenkilöt olivat harjoitelleet esteradan esteiden suorittamista perusyksikön liikuntaharjoituksissa tai kuinka paljon he olivat käyneet harjoittelemassa oma-toimisesti vapaa-ajalla. Kenttäkokeen sääolosuhteet vaihtelivat myös mittausajankohtana. Ensimmäisen mittauspäivänä, jolloin kuusi koehenkilöä suoritti kenttäkokeen taisteluväru-stuksessa m/91, sää oli aurinkoinen ja ilman lämpötila noin + 26 °C. Toisena mittauspäivänä, jolloin toiset kuusi koehenkilöä suorittivat kenttäkokeen varustuksessa m/05, sää oli puolipil-vinen, hieman tiheysasteinen ja ilman lämpötila oli noin + 13 °C. Kolmantena ja neljäntenä mittauspäivänä sää oli puolipilvinen ja ilman lämpötila noin + 14 °C. Ensimmäisen osaston testiolosuhteissa, eri varustusten välillä, oli merkittäviä lämpötilaeroja. Kuumassa ilmassa työskentely stressaa enemmän hengitys- ja verenkiertoelimistöä. Tämä taas nostaa sydämen sykintätiheyttä, hikoilu lisääntyy ja elimistön hapen tarve kasvaa. Energiaa saadaan enemmän lihaksen glykokeenistä ja maitohapon tuotto lisääntyy. (Wilmore & Costill 2004, 316.)

Maksimaalisessa lyhytkestoisessa työssä, lämpimissä olosuhteissa, sydämen iskutilavuus sekä valtimoiden että laskimoiden välinen happierotus kasvaa. Mikäli kuormitus jatkuu yli 10 mi-nuutin, maksimaalinen hapenkulutus vähenee, lihaksista siirtyy verta yhä enemmän pintaosiin lämpötasapainon säilyttämiseksi. Lihastyössä anaerobisen työn osuus kasvaa, lihakset väsyvät ja fyysinen suorituskyyky heikkenee. (Korhonen 1994, 429.) Kohtalaisen kuormittavassa työs-sä kuumuus saattaa lisätä sydämen sykintätaajuutta 20-30 lyöntiä/minuutti. (MacFarlane 1988, 330.) Kun tarkastellaan ko. ryhmän koehenkilöiden kenttäkokeen sykekeskiarvoja (m/91 varustuksessa 166 ± 7 ja m/05 varustuksessa 164 ± 9 lyöntiä/min) voidaan todeta, että sykekeskiarvot olivat kevyemmällä varustuksella ja kuumemmassa olosuhteissa alhaisemmat. Toisen osaston vastaavat luvut olivat m/91 varustuksessa 153 ± 8 ja m/05 varustuksessa 161 ± 7 lyöntiä/min. Ryhmien välillä havaittiin selkeät erot sydämen sykkeissä varustuksessa m/91. Saattaa olla, että kuumat olosuhteet vaikuttivat ensimmäisen osaston korkeampiin sykekes-kiarvoihin. Kenttäkokeessa veren laktaattipitoisuuksien mittauksissa tulosten luotettavuutta laskee se, että verinäyte otettiin välittömästi koehenkilön saavuttua mittauspisteelle. Tällöin veren laktaattipitoisuutta ei voida pitää kovin luotettavana, sillä yleensä näyte otetaan 2 mi-nuuttia kuormituksen päättymisen jälkeen. Tällöin laskimoveren laktaattipitoisuus on varsin-

kin lyhyiden kuormitusten jälkeen korkeimmillaan. Toisaalta tämän tutkimuksen laboratorio-testissä otettiin myös verennäyte veren laktaattipitoisuuden määrittämistä varten välittömästi juoksumaton pysähtymisen jälkeen.

Tutkimuksen aihe kiinnosti koehenkilöitä ja heidän asenne ja motivaatio tutkimukseen ja mittauksiin oli korkea. Tuloksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava, että tutkimuksen otanta perustui vapaaehtoisuuteen. On siis todennäköistä, että tutkimukseen valikoitui keskimääräistä terveempiä ja parempi kuntoisia henkilöitä. Mikäli tutkimuksen otos olisi ollut suurempi, sattumien vaikutus koetuloksiin olisi saattanut olla vähäisempi. Suuremmalla otosjoukolla olisi todennäköisesti saatu enemmän eroja koko kenttäkokeen hyväksytysti m/05 varustuksessa suorittaneiden ja suorittamattomien välille sekä merkittävämmät erot eri ominaisuuksissa.

Tutkimuksen validiteetilla tarkoitetaan, että ollaanko tutkimassa sitä, mitä on tarkoitus tutkia. Sisäisellä validiteetilla tarkoitetaan mm. mitataanko mittauksessa käytettävällä mittarilla sitä, mitä on tarkoitus mitata, onko mittari oikein muodostettu ja mitkä tekijät mittaustilanteissa vaikuttavat luotettavuutta alentavasti. (Metsämuuronen 2000. 41.) Tässä tutkimuksessa käytettyjen mittausvälineiden avulla kyettiin hyvin mittaamaan niitä fysiologiasia muuttujia, joita tutkimuksessa oli tarkoitus mitata. Mittausvirheitä ja muita teknisiä puutteita ei mittausten aikana ilmennyt.

Kokeellinen tutkimus soveltui hyvin kahden eripainoisen henkilökohtaisen taisteluvälinevarustuksen aiheuttaman kuormituksen tutkimiseen. Pilottitestin avulla testattiin kenttäkoemittausasetelmaa ja mittaustulosten keräämistä. Pilottitestin avulla tehtiin tarvittavat muutokset mittausasetelmaan. Laboratoriomittauksiin käytettiin kaksi mittauspäivää, jotka riittivät hyvin tarvittavien mittausten suorittamiseen. Kenttäkokeen järjestämiseen oli varattu aikaa viisi koepäivää. Kolmas päivä käytettiin palautumiseen ja tulosten keräämiseen. Tutkimusjoukko oli tutkijan käytössä koko viikon, jolloin hänen on helpompi kontrolloida koehenkilöiden mittauspäivien välistä muuta kuormittavuutta. Koehenkilöiden tutkimustuloksiin saattaa vaikuttaa se, että he olivat kenttäkokeita edeltävän viikon varusmiespalvelusajan loppusodassa ja viikonloppun he olivat viettämässä juhannusta.

Tutkimuksessa käytettävä otos on edustava, mikäli jokainen otokseen valittu kuuluu tutkittavaan perusjoukkoon, otosyksiköt on valittu arpoen ja jokaisella perusjoukon yksiköllä on mahdollisuus päästä otokseen. (Heikkilä 2004, 41.) Tutkimusjoukon valinta suoritettiin yksinkertaisella satunaisotannalla, jolloin jokaisella yksiköllä oli yhtä suuri todennäköisyys tulla valituksi otokseen. Tutkimuksen kohdejoukko edusti kaupunkijääkäreiksi koulutettavia sodan

ajan joukkoja, joiden henkilökohtainen taisteluvarustus sodan aikana on taisteluvarustus m/05. Tutkimuksen empiirinen vaihe sijoittui koehenkilöiden varusmiespalvelusajan loppupuolelle, jolloin heidän fyysinen kunto tulisi olla parempi ja kannettavan taakan aiheuttama fyysinen kuormittavuus pienempi.

8.4 Johtopäätökset ja käytännön sovellutukset

Kantolaitteen m/05 fyysinen kuormittavuus aiheutti subjektiivisen kuormituksen kokemisessa sen, että koehenkilöt tunsivat elimistössään raskaan taakan massan aiheuttaman kuormittavuuden ja tietoisesti hidastivat hyökkäysnopeuttaan. Fysiologissa muuttujissa (syke, veren laktaattipitoisuus) ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja m/91 ja m/05 varusteiden välillä. Tämä saattaa johtua siitä, että he työskentelivät kenttäkokeen aikana molemmilla varustuksilla fyysisen suorituskyvyn ylärajoilla, jolloin ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Subjektiivisen kuormittuneisuuden myötä koehenkilöiden kenttäkokeeseen käytetty suoritus-aika muuttui kenttäkokeen jokaisessa vaiheessa tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Voidaan todeta, että koehenkilöt tunnistivat taisteluvarustuksen m/05 aiheuttaman kuormittavuuden ja kykenivät säätelemään omaa etenemisnopeuttaan ja hyökkäyksen intensiteettiä. Tietoisen säätelyn myötä he kykenivät säilyttämään fyysisen toimintakykynsä koko kenttäkokeen ajan.

Raskaan taakan kantamisen ja yksilön antropometristen sekä voimaominaisuuksien välillä saattaa olla yhteyksiä niiden varusmiesten palveluksen keskeyttämiseen tai palvelushelpotuksiin Kaartin Jääkärirykmentissä, jotka ovat johtuneet keskivartalon tai alaraajojen rasitusvammoista tai marssimurtumista. Kannettavan taakan massan kasvattaminen nousujohteisesti varusmiespalveluksen aikana, lihashuollon ja venyttelyn merkitys sekä palautuminen ovat myös kehitettäviä osa-alueita. Mikäli määritellään kaupunkijääkäriksi koulutettavan henkilön fyysisiä ominaisuuksia, viitearvot fyysisen kunnon testeissä tulisi mielestäni olla seuraavanlaiset. Kaupunkijääkäriksi koulutettavan sotilaan VO_{2max} :n tulee olla vähintään 55 ml/kg/min. Tämä vastaa cooperin testin tulosta noin 3000 m (Cooper, 1968). Voimaominaisuuksien osalta tärkeimmät osa-alueet ovat alaraajojen (jalkojen) maksimaalinen voimantuottokyky sekä keskivartalon vatsalihakset. Tällä hetkellä alaraajalihasten voimaa ja kuntoa mitataan vauhdittomalla pituushypyllä, jonka avulla voidaan kohtuullisesti arvioida alaraajalihasten voimantuottoa. Viitearvona vauhdittoman pituushypyn tuloksena kaupunkijääkäreiksi valittaville sotilaille voisi olla 240 cm. Ehkä kaupunkijääkäreiden lihaskuntotesteihin tulisi lisätä jalkalihasten maksimivoimatesti. Vatsalihasten kuntoa arvioidaan lihaskuntotestin yhteydessä pidettävällä testillä. Istumaan nousussa testituloksen tulisi olla vähintään 48 krt/min. Tulos vastaa kiitettävää arvosanaa varusmiesten lihaskuntotestissä. Antropometrisissa ominaisuuksissa

korostuvat oman kehon kokonaispaino ja kehon rasvaprosentti. Kehon kokonaispainon tulee olla vähintään 75 kg ja kehon rasvaprosentti ei saa olla yli 17 %.

Taisteluvälikokouksen massa ja sen aiheuttama fyysinen kuormitus elimistölle ovat yksittäisen sotilaan fyysiseen suorituskäkyyn ja kestäväyteen vaikuttavia tekijöitä. Kuormituksen kasvaessa ja rasittavuuden lisääntyessä kehon fysiologiset ominaisuudet ovat joko suoritusta rajoittavia tai suoritusta parantavia tekijöitä. Raskaassa työssä veren ja lihaksen maitohappopitoisuus kasvaa ja veren laktaattipitoisuuden lisääntyminen aiheuttaa veren pH – arvon laskun. Tämä taas aiheuttaa lihaksen happamoitumisen. Glykolyysin avainentsyymien aktiivisuus vähenee ja lihaksen energiantuottokyky heikkenee. Lihaksen happamoituminen häiritsee myös hermoimpulssin leviämistä sekä kalsiumionien jakautumista lihassoluissa ja näin estää lihaksen supistumista. Hyvin raskaiden taakkojen kantamisessa merkittäväksi tekijäksi nousevat myös kehon antropometriset ominaisuudet ja kehon lihasmassa. Sotilaan kuorman kantamiskykyyn fyysiseen kestäväyteen vaikuttavat olennaisesti fyysisen suorituksen kuormittavuus, toiminnan kesto ja intensiteetti, aerobinen energiantuottokapasiteetti, kehon fysiologiset ominaisuudet, aerobinen kestävyys ja väsyminen. Paremman fyysisen kestävyuden omaavat henkilöt kykenevät suoriutumaan tehokkaammin kannettavan kuorman aiheuttamista fysiologisista rasituksista ja säilyttävät toimintakykynsä pitempään. Tutkimustulokset vahvistavat muiden tutkijoiden tutkimustuloksia taakan kantamiskyvystä ja eri ominaisuuksien merkityksestä raskaan taakan kantamiseen. Aerobinen kestävyys, maksimaalinen hapenottokyky, keskivartalon ja alaraajojen maksimivoimaominaisuudet, kehon koostumus ovat niitä ominaisuuksia, joiden kehittämällä parannetaan sotilaan taakan kantamiskykyä ja suorituskäkyä sodan ajan tehtävissä. Mitä suuremman osan taakka muodostaa kokonaispainosta, sitä suurempi on elimistön kuormitus. Raskaan taakan kantaminen on siis helpompaa suuremman lihasmassan omaavalle henkilölle.

Varusmiesten sijoittaminen eri joukkoyksikköön tai perusyksikköön tulisi mielestäni tehdä vasta peruskoulutuskauden jälkeen. Peruskoulutuskaudella koulutuksen painopisteen tulisi olla yksittäisen sotilaan perustaitojen opettaminen. Toinen selkeä painopiste peruskoulutuskaudella tulisi olla fyysisen peruskunnon nousujohteinen ja laadukas kohottaminen sekä perusvoimaharjoittelu. Peruskoulutuskauden jälkeen koulutettaville pidetään fyysisen kunnon testit. Tämän jälkeen koulutettavat jaettaisiin perusyksikköihin ja eri koulutushaaroihin sen hetkisen fyysisen kunnon mukaan. Kaupunkijääkäreiksi sijoitettaisiin fyysisesti parhaimmassa kunnossa olevat henkilöt. Heidän Cooperin testin tuloksen tulisi olla vähintään 3000 metriä (VO_{2max} vähintään 55 ml/kg/min)) ja lihaskuntoluokan tulisi olla kiitettävä. Tukeviin aselajeihin (esim. tukikomppania/kranaatinheitinkomppania/ panssarintorjuntakomppania) sijoitettaisiin

siin henkilöt, joiden fyysinen kunto on hyvä. Tämä vastaisi Cooperin testin tulosta 2800 metriä ja lihaskuntoluokkaa hyvä. Huoltojoukkoihin sijoitettaisiin henkilöt, joiden fyysinen kunto on tyydyttävä. Tämä vastaa Cooperin testin tulosta 2600 metriä ja lihaskuntoluokkaa tyydyttävä.

Peruskoulutuskauden liikuntaharjoituksissa pääpaino tulee olla lihaskunnan ja lihasvoiman kehittämisessä, aerobisen peruskestävyyden kehittämisessä, elimistön sopeuttamisessa palveluksen aiheuttamiin rasituksiin sekä lihashuollossa. Liikunnan tehtävänä on pohjakunnan luominen ja perustaitojen opettaminen sekä valmiuksien luominen tulevalle taistelukoulutukselle. Erikoiskoulutuskaudella aerobista kestävyyttä ja lihaskestävyttä kehitetään edelleen. Harjoitusten tehoa nostetaan ja voimaharjoittelun merkitys kasvaa. Erikoiskoulutuskaudella jalkamarsseilla kannattavan taakan massa ja marssin suorituspituus kasvavat. Tavoitteena on kohottaa koulutettavien fyysistä kuntoa kokonaisvaltaisesti ja nousujohteisesti. Joukkokoulutuskaudella on useita raskaita, rasittavia ja pitkiä maastovuorokausista tai sotaharjoituksista, jotka jo sinällään ovat hyvin monelle koulutettavalle fyysisesti kuormittavia. Tällöin liikuntakoulutuksen painopiste tulee olla palauttavassa liikunnassa.

Tutkimuksen tulokset antavat aihetta pohtia kaupunkijääkäreiksi koulutettavien varusmiesten valintaa, kaupunkijääkäreille asetettuja fyysisiä vaatimuksia, liikuntakoulutuksen rakennetta, suojavarusteiden hankkimista sekä tehtäväaktiikan ja tehtäväkohtaisen taisteluvärustuksen määrittämistä. Kaupunkijääkäreiksi koulutettavien henkilöiden valinnoissa tulee ottaa kriittisesti huomioon yksilön fyysiset ja antropometriset ominaisuudet. Tämän tutkimuksen tulokset tukevat näkemystä, jonka mukaan intervallityyppisessä hyökkäystaistelussa kaupunkitaisteluolosuhteissa raskas taakka kannettavana korostuvat yksilön maksimaalinen hapenottokyky, keskivartalon vatsalihasten, alaraajojen voimantuotto-ominaisuudet sekä kehon paino.

Aerobisen peruskestävyyden harjoittaminen, voimaominaisuuksien nousujohteinen ja laadukas kehittäminen tulee mielestäni ottaa tarkemmin huomioon kaupunkijääkäreiden liikuntakoulutuksessa. Voimaominaisuuksien kehittämisessä ennen kaikkea alaraajalihasten ja keskivartalon lihasten voimaominaisuuksia tulee kehittää. Tällä tavoin voidaan parantaa koulutettavien taakan kantokykyä ja taistelukestävyyttä hyökkäystaistelussa rakennetulla alueella. Taktisella puolella yhtenä käyttökelpoisena toimenpiteenä saattaisi olla mies- ja tehtäväkohtaisen värustuksen määrittäminen ainakin komppaniatasolla, ehkä jopa joukkue- ja ryhmätasolla. Mielestäni täytyy myös kriittisesti tarkastella ja pohtia kaupunkijääkäreiden hyökkäystehtäväaktiikkaa ja fyysisen toimintakyvyn säilyttämistä nopeatempoisessa hyökkäystaiste-

lussa rakennetulla alueella. Hyökkäyksen etenemisnopeus rakennetulla alueella ei voi mielestäni olla sama m/91 ja m/05 varustuksessa hyökkäävillä sotilailla.

8.5 Lopuksi

Tutkimustyö ja tutkimusprosessi olivat tutkijalle haastava ja samalla hyvin antoisa. Tutkimustyön aikana ei kohdattu ylitsepääsemättömiä haasteita ja koko prosessi eteni alkuperäisen tutkimussuunnitelman ja aikataulun mukaan. Haluan osoittaa lämpimät kiitokset tutkimukseen osallistuneille koehenkilöille ja kaikille yhteistyökumppaneille, jotka olivat tukemassa allekirjoittanutta tutkimustyössä. Haluan kiittää Kaartin Jääkärirykmentin komentajaa, 2. Jääkärikomppanian päällikköä, Santahaminan varuskuntasairaalan henkilöstöä, Hämeen Rykmentin Urheilukoulun testiaseman henkilökuntaa sekä tutkimustyön ohjaajia. Tutkimustyö jatkuu esiupseerikurssin aikana saman aihepiirin ympärillä. Tavoitteena on tutkia kaupunkijääkärien taisteluvälineiden m/05 fyysisen kuormittavuuden vaikutusta ampumatoimintaan.

LÄHTEET

Alavillamo, J. Sotilaan toimintakyky. 1999. Maanpuolustuskorkeakoulun Yleisesikuntaupse-
rikurssin 46 diplomityö.

Anttila, K. Länsimies, E. 1994. Autonominen hermosto, rakenne ja toiminta. Teoksessa Sovi-
järvi, A. Uusitalo, E. Länsimies & I. Vuori (toim) Kliininen fysiologia. Helsinki: Duodecim.

Asutuskeskustaisteluopas I, Luonnos; Helsinki 1986.

Asutuskeskustaistelun opas 2004. Luonnos 3.8.2004 ennen lausuntokierrosta. Helsinki. Kaar-
tin Jääkärirykmentti.

Basset, D.R. Jr. & Howley, E.T. 1999. Limiting factors for maximum oxygen uptake and de-
terminants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (1): 70-
84.

Bigland-Richie, B. & Woods, JJ. 1984. Changes in muscle contractile properties and neural
control during human muscular fatigue. *Muscle & Nerve* 7 (9): 691-699.

Borg, G. 1970. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of
Rehabilitation Medicine* 2, 92-98.

Borg, G. 1982. Psychophysical Basis of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sport
and Exercise*. 14 (5), 377-381.

Borg, G. 1986. Psychophysical studies of effort and exertion. Teoksessa: Borg, G & Ottoson,
D. (toim.) The perception of exertion in physical work. Wenner-Gren Int. Symposium Series
volume 46, 346.

Borghols, E.A.M., 1978. Influence of heavy weight carrying on the cardiorespiratory system
during exercise. *European J Applied Physiology* 38, pp. 161-169.

Brett, A. Dolezal and Jeffrey A. Potteiger. 1998. Concurrent resistance and endurance training
influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol* 85: 695-700.

- Cooper, K.H. 1968. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake. Correlation Between Field and Treadmill Testing. JAMA. Jan 15, 1968. Vol 203, No 3.
- Crowder, T. A. Beekley, M. D. Sturdivant, R. X. Johnson, C. A. Lumpkin, A. 2007. Metabolic Effects of Soldier Performance on a Simulated Graded Road March while Wearing Two Functionally Equivalent Military Ensembles. Military medicine, Vol. 172. June 2007.
- Dean, Charles E. 2004. The modern warrior's combat load-dismounted combat operations in Afghanistan. US Army. USA. International Congress on Soldiers' Physical Performance. May 18-22, 2005. Jyväskylä. Finland. Congress Proceedings.
- Dodd, S. Powers, S.K. Callender, T, Brooks, E, 1984. Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise. Journal of Applied Physiology, Vol 57, Issue 5 1462-1465.
- Enoka, R.M. 2002. Neuromechanics of human movement. 3rd. Edition. Human Kinetics Publishers, Champaigne.
- Fyysisen harjoittamisen perusteet, 1999. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskuksen julkaisu, Ykkös-Offset Oy, Vaasa.
- Gibson, H. & Edwards R.H.T. 1985. Muscular exercise and fatigue. Sports Medicine 2: 120-132.
- Haisman, M.F. 1988. Determinants of load carrying ability. Applied Ergonomics 19, pp. 111-121.
- Harper-W.H, Knapik. J.J & De Pontbriand-R. 1997. Female Load-carrying performance, Army Research Lab, Aderdeen Proving Ground, MD.
- Heikkilä, T. 2004. Tilastollinen tutkimus. Edita Prima Oy. Helsinki.
- Helgerud, J. Hoydal, K. Wang, E. Karlsen, T. Berg, P. Bjerkaas, M. Simonsen, T. Helgersen, C. Hjorth, N. Bach, R. Hoff, J. 2007. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. Medicine & Science in Sports & Exercise. 39(4): 665-71.

Hoff, J. Gran, A. Helgerud, J. 2002. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 12 (5):228-95.

<http://www.likes.fi/fi/testaus/inbody.html> 20.10.2006.

Hyvärinen, J. Teräväinen, H. Huttunen, M. 1976. *Neurobiologia, Autonominen hermosto*, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.

Jackson, A.W. Morrow, J.R. Hill, D.W. Dishman, R.K. 2004. *Physical Activity for Health and Fitness*. Updated Edition. Human Kinetics.

Jalkaväen vuosikirja XXIV, 2003. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.

Jalkaväen vuosikirja XXV, 2005. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.

Jung, A. P. 2003. The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine*. 33 (7):539-52.

Kaartin Jääkärirykmentin Operatiivisen toimiston laatima kaupunkijääkäarin taistelijan kanto-laitejärjestelmien kokoonpano. 2005.

Karlsson, J & Saltin, B. 1970. Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *Journal of Applied Physiology*. Vol 29, No 5.

Karvonen, M. J. 1969. Liikuntakoneistomme. Teoksessa *Ergonomia, Ihminen-työ-tekniikka*, WSOY, Porvoo. 1972.

Karvonen, M. J. & Koskela A. 1969. Liikuntakoneiston toiminta fyysisessä työssä. Teoksessa *Ergonomia, Ihminen-työ-tekniikka*, WSOY, Porvoo. 1972.

Ketola, R. 2003. Työn fyysinen kuormittavuus ja sen arviointi. *Työterveiset*. Työterveyslaitoksen tiedotuslehti 2.

Knapik, J. J. 1989. *Loads Carried by Soldiers: Historical, Physiological, Biomechanical and Medical Aspects*. Technical rep.

- Knapik, J. J. Reynolds, K. L. Harman, E. 2004. Soldier Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical and Medical Aspects. *Military Medicine*, Vol. 169, January 2004.
- Korhonen, O. 1994. Poikkeukselliset ympäristöolot. Lämpötila. Teoksessa Sovijärvi, A. Uusitalo, E. Länsimies & I. Vuori (toim) *Klininen fysiologia*. Helsinki: Duodecim.
- Kosola, J. Solante, T. 2003. Digitaalinen taistelukenttä Informaatioajan sotakoneen tekniikka, Julkaisusarja 1 n:o 13. Maanpuolustuskorkeakoulu. Tekniikan laitos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Kraemer, W. J. 2004. Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the army physical fitness test. *Military Medicine*, Vol. 169.
- Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) *Toimintakyky sotilaspedagogiikassa, koulutustaidon laitoksen julkaisusarja 2 n:o 4*. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.
- Kyröläinen, H. 2006. Kuormitusfysiologian kurssi. Jyväskylän yliopisto. Kyröläinen, H., Pajala, O., Pullinen, T., Helimäki, E., Perttunen, J. 2006. *Kuormitusfysiologia I (LFY.105)*. Jyväskylän Yliopisto.
- Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2006. Liikuntatieteiden soveltaminen sotilaan fyysisen suorituskyvyn kehittämisessä. Teoksessa: Huhtinen A-M. & Toiskallio J. (toim.). *Maanpuolustuskorkeakoulu- kehittyvä sotatieteellinen yliopisto*. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Laaksonen, M. 2005. "The Acute Effects of Exercise on Skeletal Muscle Blood Flow. Positron Emission Tomography Studies in Healthy Subjects". Turun Yliopiston väitöskirja.
- Louhevaara, V. Luukkonen, R. Lusa-Moser, S. Punakallio, A. 1997. Teoksessa *Eri-ikäisten palomiesten terveys ja toimintakyky osa III: Tutkimussavusukellusvarustuksessa - motorinen taito ja kuormittuminen savusukellustestiradalla*, Työterveyslaitoksen julkaisu. Helsinki.
- Lyons, J. Allsopp, A. Bilzon, J. 2005. Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage. *Occupational-Medicine-Oxford,-England*. 2005 Aug;55 (5): 380-4.

- MacFarlane, W.V. 1988. Työskentely ja sopeutuminen eri ilmastotyyppisiin. Kuuma ympäristö. Teoksessa Työn fysiologia. (toim. J. Scherrer) WSOY.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 1996. Exercise Physiology. Energy, Nutrition, & Human Performance. Fourth Edition. Baltimore: Williams & Wilkins.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. & Katch, V.L. 2007. Exercise Physiology. Energy, Nutrition, & Human Performance. Sixth Edition. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Mero, A. 2006. Maks. VO₂:n mittaaminen. Kuormitusfysiologian kurssi II. (LFY.105) Jyväskylän Yliopisto.
- Mero, A. 2006. Kestävyysharjoittelu. Kuormitusfysiologian kurssi II. (LFY.105). Jyväskylän Yliopisto.
- Metsämuuronen, J. 2000. Metodologian perusteet ihmistieteissä. Metodologia sarja 1. Painopaikka Jaabes. Viro.
- Metsämuuronen, J. 2003. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 2. uudistettu painos. Jyväskylä. Gummerus.
- Mond, H. 1988. Ihmisen energiakulutus. Teoksessa Työn fysiologia. (toim. J. Scherrer) WSOY.
- Mond, J. & Pottier, M. 1988. Hengitys ja verenkierto lihastyössä. Teoksessa Työn fysiologia. (toim. J. Scherrer) WSOY.
- Morgan, D.L. & Allen, D.G. 1999. Early events in stretch-induced muscle damage. J Appl Physiol 87. , 6, 2007-2015.
- Nenonen, M. 2005. Kaupunkijääkärikomppanian hyökkäys. Opetuspaketti. Kaartin Jääkärirykmentti. Operatiivinen toimisto. 2005.
- Niensted, W., Hänninen, O., Arstila, A., Björkqvist, S-E. 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. WSOY.

Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Urheiluvalmennus. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Nummela, A. 2004. Kestävyysominaisuuksien mittaaminen. Teoksessa Kuntotestauksen käsikirja, Tammer-Paino oy, Tampere.

Nummela, A. Keskinen, K. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa Urheiluvalmennus. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Oja, P. 1995. Fyysinen terveystunto ja niiden mittaaminen. Teoksessa Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim, Vammalan kirjapaino.

Oksa, J. Rintamäki, H. & Rissanen, S. 1990. Kantolaitteen fyysinen kuormittavuus. Oulun Alue työterveyslaitos.

Oulun yliopiston internetsivut 9.8.2006.
<http://herkules.oulu.fi/isbn9514254414/html/x224.html>.

Paavolainen, L. 1999. Neuromuscular Characteristics and Muscle Power as Determinants of Running Performance in Endurance Athletes With Special Reference to Explosive-strength Training.

Pataljoona 2005 taktinen ohje, 2003, Puolustusvoimat.

Pekoul -os:n PAK C 1:3. Sotilaalle asetettavat yleiset vaatimukset.

Rauramaa, R. & Rankinen, T. 1999. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmittain. Teoksessa Vuori, I. & Taimela, S. (toim.) Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.

Riccardi, R 2007, Effects of Gender and Body Adiposity on Physiological Responses to Physical Work While Wearing Body Armor. Military Medicine, 172. 7:743.

Rusko, H. 1989. Kuormitus ja palautuminen urheiluvalmennuksessa. Teoksessa Suomalainen valmennusoppi-Harjoittelu. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

- Rusko, H. 1989. Kestävyys ja sen harjoittaminen. Teoksessa Suomalainen valmennusoppi Harjoittelu. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Salminen, P. 1998. Sotilaspedagogiikka käytäntönä-liikuntakoulutus. Teoksessa Toiskallio, J. (toim.) Toimintakyky sotilaspedagogiikassa, koulutustaidon laitoksen julkaisusarja 2 n:o 4. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.
- Saltin, B. Rådegran, G. Koskolou, M.D. Roach, R.C. 1998. Skeletal muscle blood flow in humans and its regulation during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 162 (3), 421-436.
- Santtila, M. 2004. Varusmiesten fyysinen koulutus. PE koul os:n opetustilaisuus LmpA:n liikuntakasvatusupseereille 18.10.2004. Hämeen Rykmentin Urheilukoulu.
- Scherrer, J. 1988. Motoriikka. Lihasfysiologia. Teoksessa Työn fysiologia. (toim. J. Scherrer) WSOY.
- Sotatekninen arvio ja ennuste 2020, osa 2. 2004. Pääesikunta. Sotatalousosasto. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Taistelija 2005-Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta. 2003. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Toiskallio, J. 1998. Sotilaspedagogiikan perusteet. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.
- Wilmore, J.H & Costill D.L.C. 2004. Physiology of sport and exercise. 3rd Edition. Human Kinetics IL.
- Vuori, I. 1999. Liikunta, kunto ja terveys. Teoksessa Vuori, I. & Taimela, S. (toim.) Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Vuori, I. 1994. Energia-aineenvaihdunta. Teoksessa Sovijärvi, A. Uusitalo, E. Länsimies & I. Vuori (toim) Kliininen fysiologia. Helsinki: Duodecim.
- Vuori, I. 1994. Kuormitus- ja harjoitusfysiologia. Teoksessa Sovijärvi, A. Uusitalo, E. Länsimies & I. Vuori (toim) Kliininen fysiologia. Helsinki: Duodecim.

Väisänen, J. 2005. Jalkaväen taistelija. Teoksessa Jalkaväen vuosikirja XXV, 2005. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.

Yhdysvaltalainen asutuskeskustaistelun ohjesääntö FM 90-10-1. 1993. Military Operations on urban terrain.

Zoeller, R.F. Riechman, S.E. Dabayeb, I.M. Goss, F.L. Robertson, R.J. Jacobs, P.L. 2005. Relation between muscular strength and cardiorespiratory fitness in people with thoracic-level paraplegia. Archives of Physical Medicine & Rehabilitation. 86 (7):1441-6.

Åstrand, P.O. Hallbäck, I. Hedman, R. Saltin, B. 1963. Blood lactates after prolonged severe exercise. J Appl Physiol 18: 619-622.

Åstrand P - O., & Rodahl, K. 1986. Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise. (McGraw - Hill Series In Health Education, Physical Education, and Recreation), McGraw-Hill College, USA.

LIITTEET

Esimerkki kaupunkijääkäreiden peruskoulutuskauden liikuntaharjoitus suunnitelmasta

Esimerkki kaupunkijääkäreiden erikoiskoulutuskauden liikuntaharjoitus suunnitelmasta

Esimerkki kaupunkijääkäreiden joukkokoulutuskauden liikuntaharjoitus suunnitelmasta

<u>Harjoitus</u>	<u>Vaikutus</u>	<u>Aika (h)</u>	<u>Huom</u>
Teoriaoppitunti - Liikunta, ravinto, lepo, huolto	Perusteet	3	
Lihashuoltokoulutus - Venyttelyharjoituksia - Itsehierontaa/tst- parihierontaa	Elastisuus	4	
Lihaskuntokoulutus - Aerobinen kuntopiiri - Lihaskuntopiiri - Voiman kehittäminen	Perusvoiman ja kestovoiman kehittäminen	18	12 x 90 min harjoitus 2 harjoitusta/vko (ei leiriviikoilla)
Sauvakävely, kävely, juoksu - Tasoryhmissä - Vaihteleva maasto	Peruskestävyyden kehittäminen, Aerobinen peruskestävyys	15	12 x 75 min harjoitus 2 harjoitusta/vko (ei leiriviikoilla)
Palloilukoulutus - Käsipallo, koripallo, jalkapallo, jne...	Monipuolisuus, taito ja koordinaatiokyky	9	6 x 90 min harjoitus
Esteratakoulutus - Tekniikkaharjoitus 1 ja 2	Kehon hallinta, kestovoima	4	2 x 2 h harjoitus
Kartanluku ja suunnistuskoulutus - Perusteet, perussuunnistus		6	3 x 2 h harjoitus
Uintikoulutus - Rintauinnin perusteet		4	2 x 2 h harjoitus
Itsepuolustuskoulutus - Varomääräykset - Peruslyönnit ja potkut	Kehon hallinta, koordinaatio	8	4 x 2 h harjoitus
Marssikoulutus - Jalkamarssi 1 kevyt varustus - Jalkamarssi 2 (taisteluväri)	Aerobinen peruskestävyys, lihaskestävyys	6	2 x 3 h harjoitus
Testit - Lihaskuntotesti ja juoksutesti		4	2 x 2 h harjoitus
Yhteensä		81	

<u>Harjoitus</u>	<u>Vaikutus</u>	<u>Aika (h)</u>	<u>Huom</u>
Teoriakoulutus - Liikunta, ravinto, harjoittelu, huolto		4	
Lihashuoltokoulutus - Rentoutusharjoitus - Venyttelyharjoitukset - Itsehierontaa	Mielen hallintaa	5	
Lihaskuntokoulutus - Kahvakuula - Lihaskuntopiiri - Nopeusvoimakuntopiiri	Perusvoiman ja kesto-voiman kehittäminen	18	12 x 90 min harjoitus 2 harjoitusta/vko (ei leiriviikoilla)
Sauvakävely, juoksu - Tasoryhmissä - Vaihteleva maasto	Peruskestävyyden kehittäminen	15	12 x 75 min harjoitus 2 harjoitusta/vko (ei leiriviikoilla)
Palloilukoulutus - Käsipallo, koripallo, jalkapallo jne...	Monipuolisuus, taito ja koordinaatiokyky	10	5 x 2 h harjoitus 0,8 harjoitusta/vko
Uintikoulutus - Vapaauintin perusteet		4	2 x 2 h harjoitus
Kartanluku ja suunnistuskoulutus - Kertaus + lisähaasteet		6	3 x 2 h harjoitus
Esteratakoulutus - Esterataharjoitukset 3, 4, 5 ja 6	Kehon hallinta, kesto-voima Maitohapollinen kestävyys	8	4 x 2 h harjoitus
Itsepuolustuskoulutus - Kertaus + heitot, otteluharjoittelu	Kehon hallinta	8	4 x 2 h harjoitus
Marssikoulutus - Jalkamarssi 3 (tst – varustus + liivit) - Jalkamarssi 4 (tunnelimarssi)	Aerobinen kestävyys, Lihaskestävyys	8	2 x 4 h harjoitus
Yhteensä		86	

<u>Harjoitus</u>	<u>Vaikutus</u>	<u>Aika (h)</u>	<u>Huom</u>
Teoriakoulutus - Liikunta, ravinto, harjoittelu, huolto		2	
Lihashuoltokoulutus - Rentoutusharjoitus - Venyttelyharjoitukset	Mielen hallintaa	8	
Lihaskuntokoulutus - Kahvakuula - Lihaskuntopiiri - Nopeusvoimakuntopiiri	Kestovoiman ylläpitäminen	10	10 x 60 min harjoitus 1 harjoitus/vko (ei leiriviikoilla)
Sauvakävely, juoksu - Tasoryhmissä - Vaihteleva maasto	Peruskestävyyden ylläpitäminen	8	6 x 80 min harjoitus 1 harjoitus/vko (ei leiriviikoilla)
Palloilukoulutus - Käsipallo, koripallo, salibandy	Monipuolisuus, taito ja koordinaatiokyky	8	4 x 2 h harjoitus 0,8 harjoitusta/vko
Esteratakoulutus - Esterataharjoitukset 8, 9 ja 10	Kehon hallinta, kesto-voima Maitohapollinen kestävyys	6	3 x 2 h harjoitus
Itsepuolustuskoulutus - Taistelu kylmin asein	Kehon hallinta, koordinaatio	6	3 x 2 h harjoitus
Kartanluku ja suunnistuskoulutus - Kertaus		6	3 x 2 h harjoitus
Uintikoulutus - Uintitesti		3	
Marssikoulutus - Jalkamarssi 5 (tst – varustus + liivit) - Jalkamarssi 6 (tunnelimarssi)	Aerobinen kestävyys, Lihaskestävyys	8	2 x 4 h harjoitus
Testit - Lihaskuntotesti, juoksutesti		2	
Yhteensä		63	